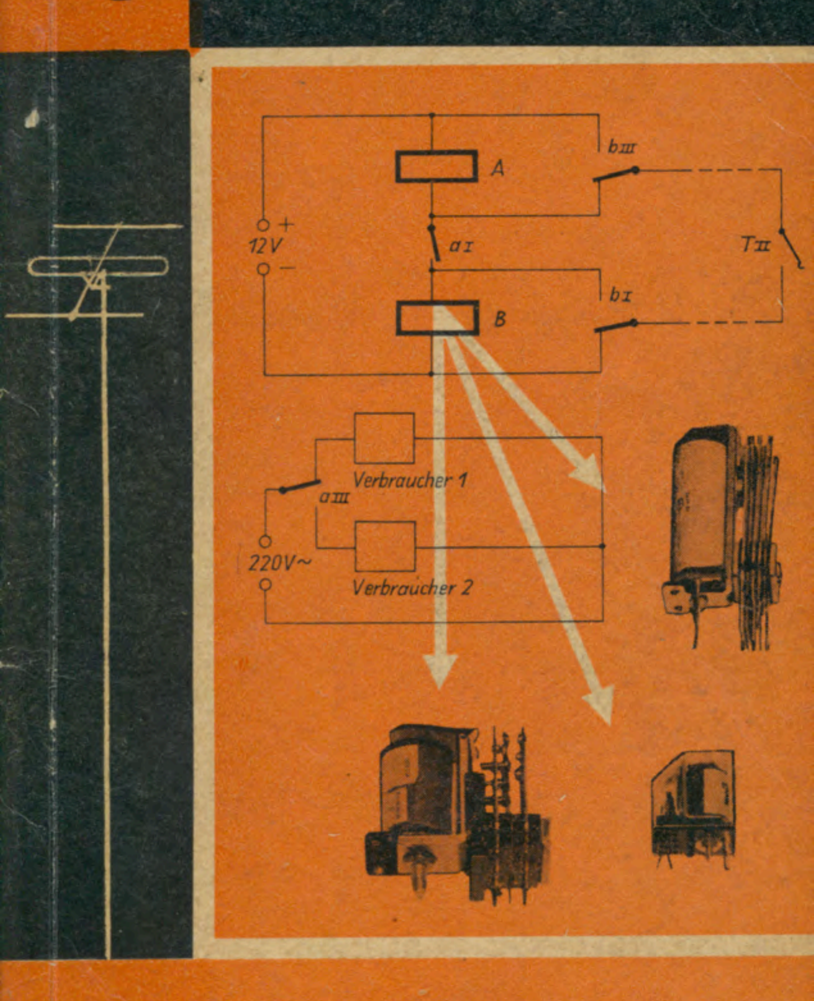
48

DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



Dieter Franz

Relaisschaltungen für Bastler

Der praktische Funkamateur · Band 48

Relaisschaltungen für Bastler

DIETER FRANZ

Relaisschaltungen für Bastler



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Redaktionsschluß: 15. Juli 1966

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	7
1.	Arten und Zweckbestimmung der Relais	9
1.1.	Rund- und Flachrelais	11
1.2.	Telegrafenrelais	18
1.3.	Sonderausführungen	22
1.3.1.	Thermorelais	22
1.3.2.	Remanenzrelais	23
1.3.3.	Resonanzrelais	24
1.3.4.	Quecksilberrelais	25
1.3.5.	Wechselstromphasenrelais	25
1.3.6.	Fallklappenrelais	27
1.3.7.	Transistorisiertes Mikrorelais TMR	27
1.4.	Wähler (Schrittschaltwerke)	28
1.5.	Zerhacker	29
2.	Hinweise für das Basteln mit Relais	31
2.1.	Wichtigste Schaltzeichen	31
2.2.	Kontaktarten	33
2.3.	Beschriftung und Beschaltung der Relais	34
2.4.	Berechnungsfragen	37
2.5.	Hinweise zur Pflege der Relais	39
2.6.	Entstörung von Relais	42
2.7.	Relaisdiagramm	44
3.	Schaltungen mit Relais	46
3.1.	Grundschaltungen	46
3.1.1.	Arbeitskontakt	46
3.1.2.	Umschaltekontakt	50
3.1.3.	Ruhekontakt	55
3.2.	Einige Schaltungskniffe	58
3.2.1.	Verzögern von Relais	58
3.2.2.	Relais im Wechselstromkreis	63

3.2.3. Differentialschaltung 66
3.2.4. Stromsparende Schaltung 68
3.3. Relaispolwechsler 69
3.3.1. Relaispolwechsler mit einem Relais 70
3.3.2. Relaispolwechsler mit zwei Relais 72
3.3.3. Wechselrichter mit Telegrafenrelais 73
3.4. Periodisch arbeitende Relaisschaltungen 74
3.4.1. Periodisch arbeitende Relaisschaltung mit mehreren Relais 74
3.4.2. Relaisschaltung für extrem hohe Schaltzeiten 77
3.5. Relais und Fernsteuerung 80
3.5.1. Kunstschaltung über Gleichrichter 80
3.5.2. Wechselsteuerung 82
3.5.3. Blockierungs- und Vorrangschaltungen 84
3.5.4. Relaisschaltung für kybernetische Funktionsmodelle (Trainer) 87
3.5.5. Relaisschaltungen in Schiffsmodellen 90
3.6. Drehwählerschaltungen 100

4. Anhang (Techn. Daten) 109
4.1. Telegrafenrelais 109
4.2. Flachrelais 48 110
4.3. Mittlere Rundrelais 110
4.4. Großbreitenbacher Relais (GBR) 112
4.5. Transistorisierte Mikrorelais (TMR) 115
4.6. Kleinrelais ST 10 116
4.7. Grundlagen für die Berechnung von Wicklungen 116

5. Literaturhinweise 119

Vorwort

Die vorliegende Broschüre soll Amateure und Bastler mit den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Relais vertraut machen. Die Praxis zeigt immer wieder, daß selbst versierte Funkamateure sich nur schwer in einfache Relaisschaltungen hineindenken können. Ihnen ist es geläufig, den Weg eines Signals in Sender-, Empfänger- und Verstärkerschaltungen ohne Schwierigkeiten zu verfolgen, auch wenn es auf diesem Wege verschiedenen Veränderungen unterliegt. Doch gibt beispielsweise eine Relaisschaltung, in der die Kontakte eines einzigen Relais etwa an sechs verschiedenen Stellen der Schaltung zu finden sind, den meisten Funkamateuren eine harte Nuß zu knacken.

Die daraus herrührende Abneigung gegen Relaisschaltungen von seiten vieler Funkamateure leistet der weitverbreiteten Meinung Vorschub, das Relais sei ein „veraltetes" Bauelement und man benutze es nur noch dort, wo es sich nun einmal nicht umgehen lasse (zum Beispiel im Kollektorkreis von Transistoren bei Dämmerungsschaltern, Blinklichtgebern usw.).

So sind augenblicklich viele einfache Relaisschaltungen mit einem oder zwei, allenfalls drei Relais in Vergessenheit geraten, und an ihre Stelle setzt der Funkamateur aufwendige Röhren- und Transistorschaltungen.

Die in diesem Heft enthaltenen Schaltungsbeispiele und notwendigen grundsätzlichen Betrachtungen sollen dem Amateur helfen, viele seiner Aufgabenstellungen in Zukunft einfacher und besser zu lösen.

Der Autor hofft, in diesem Sinne einen kleinen Beitrag zur Aufhebung des ungerechtfertigten Relais-„Boykotts" geleistet zu haben.

Eberswalde, im Mai 1964 *Dieter Franz*

Vorwort zur zweiten Auflage

Die schnell vergriffene erste Auflage gestattet es, eine zweite Auflage herauszubringen. Text und Abbildungen wurden überarbeitet. Mit einigen mir notwendig erscheinenden Ergänzungen hoffe ich, den inhaltlichen Wert dieser Broschüre gehoben zu haben.

Eggesin, im Dezember 1965 *Dieter Franz*

1. Arten und Zweckbestimmung der Relais

Das Wort „Relais“ stammt aus dem Französischen und bedeutet Zwischenstation oder Wechselstelle. Wie viele Wörter hat es in den vergangenen Jahrhunderten eine Aussageveränderung erfahren.

Ursprünglich war das Relais ein Umspannposten, an dem man Reit- und Wagenpferde wechselte. Dieser Wortsinn ist fast völlig untergegangen, seit sich die Elektrotechnik diesen Begriff zu eigen gemacht hat.

Relais betätigen bei Stromdurchfluß, meist auf elektromagnetischer Basis, mittels beweglichen Ankers Kontakte. Diese wiederum öffnen oder schließen andere Stromkreise. Ein Relais wird je nach Anzahl der auf dem Elektromagneten befindlichen Wicklungen von einem oder mehreren Stromkreisen gesteuert und beeinflußt je nach Anzahl der aufgesetzten Kontakte einen oder mehrere Stromkreise. Relais bieten uns also die Möglichkeit, mit einer sehr geringen elektrischen Leistung mehrere und größere elektrische Leistungen zu steuern. In dieser Aufgabenstellung finden wir eine gewisse Parallele zu der ursprünglichen Bedeutung dieses Wortes. So wie bei den Umspannposten vom langen Ritt erschöpfte Pferde durch frische ersetzt wurden, gibt uns das elektrische Relais die Möglichkeit, „schwache“ Spannungen und Ströme in starke umzu„tauschen“.

Bei näherer Betrachtung wird man feststellen, daß Röhren und Transistoren eine ähnliche Aufgabe erfüllen. Der nachfolgende Vergleich von Röhre, Transistor und Relais soll dem Bastler eine erste Antwort auf die Frage nach dem zweckmäßigsten Einsatz dieser drei Bauelemente bei auftretenden Schaltungsproblemen geben. Die erreichbare Schaltfrequenz ist bei Röhren sehr hoch, bei Transistoren hoch und bei Relais sehr gering, da hier die Schaltung auf mechanischem Wege erfolgt. Selbst die besten Telegrafenrelais erreichen nicht über

150 Hz Schaltfrequenz. Das ist der nahezu einzige, allerdings auch bedeutende Nachteil des Relais.

Demgegenüber stehen einige Vorteile, die dem Bastler die Möglichkeit geben, Relais bei bestimmten Schaltaufgaben vorteilhafter als Röhren und Transistoren einzusetzen:

— Mit Relais ist die Schaltung mehrerer Stromkreise gleichzeitig möglich. Mit Röhren und Transistoren kann nur ein Stromkreis geschaltet bzw. beeinflußt werden.
— Mit Relais lassen sich verhältnismäßig einfach große Leistungen steuern. Röhren und Transistoren werden durch die bei höheren Leistungen erforderlichen Kühlungsmaßnahmen außerordentlich kostspielig.
— Der Widerstand des offenen Kontaktes ist bei einem Relais nahezu unendlich, so daß der gesteuerte Stromkreis absolut stromlos wird. Demgegenüber beträgt der innere Widerstand von Röhren im gesperrten Zustand einige Megaohm, der von Transistoren hin und wieder sogar nur einige Kiloohm (exemplarabhängig!).
— Die maximal erreichbaren Spannungs- und Stromverstärkungen liegen bei Relais bedeutend höher als bei Röhren und Transistoren (Spannung bis 10^5fach; Strom bis 10^4fach).
— Steuer- und Verbraucherkreis sind bei Röhre und Transistor einpolig verkoppelt, beim Relais jedoch galvanisch getrennt. Die gerade bei Transistoren oft so schwer zu beherrschenden Rückwirkungserscheinungen sind bei Relais ausgeschlossen.

Das Relais findet dementsprechend weitgehend Anwendung in Schalt-, Steuer-, Alarm- und Regeleinrichtungen der verschiedensten Art. Besonders in Fernsprech- und Fernschreibanlagen ist es nicht mehr wegzudenken. So benötigt z. B. ein Fernsprechamt für 10000 Teilnehmer 36000 Relais und 13100 Wähler.

Der Bastler wird das Relais überall dort vorteilhaft einsetzen, wo die direkte Schaltung eines Stromkreises erheblichen Aufwand erfordert (z. B. Fernschaltungen) oder wo eine Vielzahl

von Stromkreisen in einfacher Form gleichzeitig geschaltet werden soll.

Nach Betriebs- und Verwendungsweise unterscheiden wir

- neutrale und polarisierte Relais,
- Gleich- und Wechselstromrelais,
- unverzögerte, ansprechverzögerte und abfallverzögerte Relais.

Diese Begriffe werden in der Broschüre erläutert. In der Fachliteratur findet man des öfteren das Wort „Schütz“; darunter verstehen wir ein Starkstromrelais.

Da in der DDR gegenwärtig über 100 verschiedene Relaistypen gefertigt werden, lassen sich hier nur die wichtigsten beschreiben.

1.1. Rund- und Flachrelais

Mit den beiden in Bild 1 gezeigten Relaistypen wird der Praktiker vorwiegend arbeiten. Beide sind sogenannte *neutrale Relais;* beider Wirkungsweise liegen die Gesetze des Elektro-

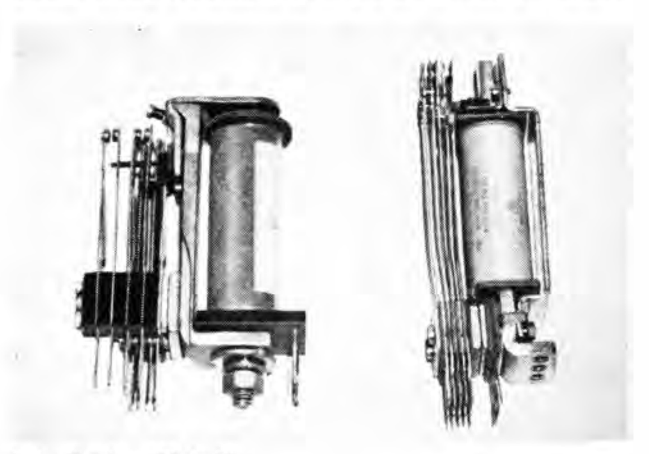


Bild 1 Rund- und Flachrelais

magnetismus zugrunde; beide lassen sich grundsätzlich zur Lösung der gleichen Schaltaufgaben einsetzen. Unterschiedlich ist lediglich der Aufbau.

Aus Bild 2 ersehen wir den prinzipiellen Aufbau eines Rundrelais. Kern, Joch und Anker bestehen aus Weicheisen. Das Joch ist fest auf den Kern aufgetrieben und wird durch eine Mutter gesichert, um einen guten magnetischen Schluß zu

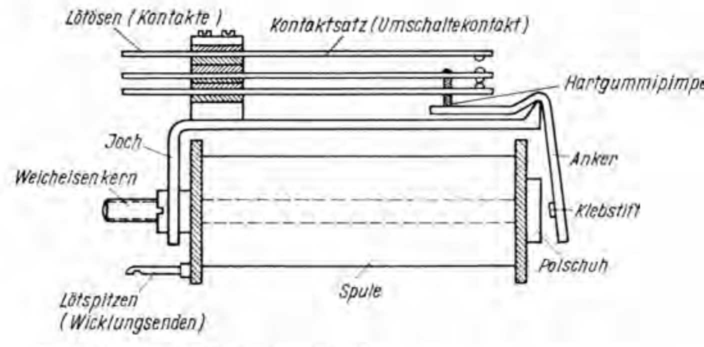


Bild 2 Prinzipieller Aufbau des Rundrelais

gewährleisten. Bei Stromfluß in der Spule (Erregerstrom) wird der Kern magnetisch und zieht den Anker an, der zu diesem Zweck beweglich gelagert ist. Der Anker wiederum betätigt über Hartgummipimpel die im Kontaktsatz aufgebrachten Kontakte. Der am Anker befindliche Kleb- bzw. Trennstift ist aus unmagnetischem Material (Messing) und verhindert das remanente (durch Restmagnetismus hervorgerufene) Haften des Ankers nach dem Ausschalten des Betätigungsstroms. Der Klebstift kann bei älteren Relais durch oftmaliges Anziehen des Ankers flachgehämmert sein. Im allgemeinen muß er einen Abstand von 0,1 mm bis 0,5 mm zwischen angezogenem Anker und Polschuh gewährleisten.

Der Luftspalt zwischen Polschuh und Anker (Ankerhub) soll 1,1 mm bis 1,5 mm groß sein. Der Ankerhub läßt sich mit einer Fühlerlehre leicht messen. Die Fläche des Polschuhs und

die Stirnseite des Ankers müssen in einer Ebene liegen, damit ein sicheres Arbeiten des Ankers gewährleistet ist.

Neben der Schneidankerlagerung des Rundrelais (Bild 2) gibt es die Achsankerlagerung (Bild 3), bei der das Joch mit Bohrungen versehen ist, in denen die Achse des Ankers ruht. Achsankerrelais finden dort Verwendung, wo es auf ganz besonders präzises und gleichmäßiges Arbeiten ankommt.

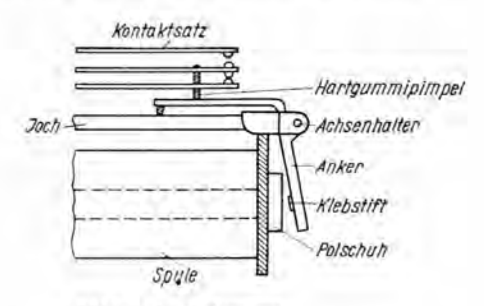


Bild 3 Achsankerlagerung

Eine andere Form des Rundrelais ist das in den Bildern 4 und 5 dargestellte mittlere Rundrelais, das für den Bastler besondere Bedeutung hat durch geringe Abmessungen, kleines Gewicht, Kontaktfedersätze und verhältnismäßig geringen Anschaffungspreis. Dieses Relais eignet sich vorzüglich für die Lösung fast aller Schaltaufgaben des Amateurs.

Bei Bedarf an mittleren Rundrelais wird empfohlen, in erster Linie auf Typen der Normalreihe zurückzugreifen, deren technische Daten im Anhang dieser Broschüre (unter 4.3.) veröffentlicht sind. Bei Bestellung muß die Bauvorschriftnummer angegeben werden.

Das Rundrelais, dessen Name sich von der Form seines Kernes ableitet, ist, abgesehen vom eben erwähnten mittleren Rundrelais, eine ältere, wenn auch heute noch häufig verwendete Bauart des Relais. Das Bestreben, die Herstellung der Relais zu vereinfachen und sie dementsprechend preisgünstiger auf den Markt zu bringen, führte zur Entwicklung des Flachrelais (Bild 6).

Bild 4 Mittleres Rundrelais

Während alle Teile des Rundrelais oberflächenbearbeitet sind, besteht das Flachrelais vorwiegend aus gestanzten Teilen. Es hat einen rechteckigen Kernquerschnitt und eine ovale Spule. Sein Anker stellt gleichzeitig das Joch dar. Durch diesen Aufbau des Relais ergibt sich die günstigste Ausnutzung der elektromagnetischen Wirkung. Der Anker ist so lang wie der Kern und unterliegt in seiner gesamten Länge dem magnetischen

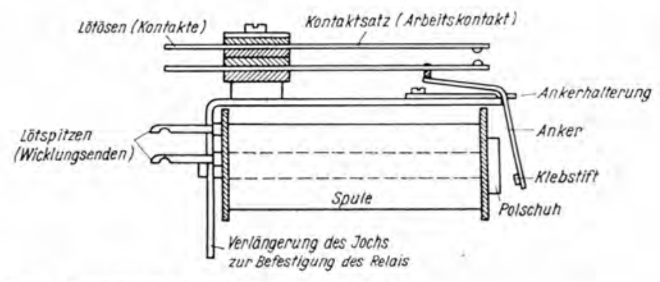


Bild 5 Prinzipieller Aufbau des mittleren Rundrelais

Feld, das durch die Spule aufgebaut wird. Die Betätigung der Kontaktfedern erfolgt über einen auf dem Anker befestigten Winkel mit Isoliersteg, auf dem die Betätigungslappen der Kontaktfedern sitzen. Das remanente Haften des Ankers wird beim Flachrelais durch ein Kleb- bzw. Trennblech aus Messing verhindert.

Ein weiterer Unterschied zum Rundrelais zeigt sich bei der Betrachtung der Kontaktfedern. Im Gegensatz zum Rundrelais, bei dem jeder Kontaktsatz einzeln auf dem Joch befestigt ist, sind die Kontaktfedern beim Flachrelais zu einem gemeinsamen Kontakt- und Federsatz zusammengefaßt und zwischen den Abschlußplatten fest verschraubt. Nach den Unterschieden jetzt zu den Gemeinsamkeiten von Rund- und Flachrelais: Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei beiden Relaistypen um neutrale Relais. Ein neutrales Relais wirkt als ungepolter Elektromagnet, d. h., es ist gleichgültig, in welcher Richtung der Strom die Wicklungen durchfließt, welche Richtung das dabei entstehende magnetische Feld hat. Bei Stromdurchfluß wird der Kern zum Magneten und zieht den Anker an, der die Kontakte betätigt. Nach Abschalten des Erregerstromkreises befindet sich das Relais wieder in Ruhelage.

In diesem Punkt unterscheiden sich Rundrelais, mittleres Rundrelais und Flachrelais nicht voneinander. Deshalb können alle drei Relaistypen, so unterschiedlich sie in ihrem äußeren Aufbau auch sein mögen, grundsätzlich zur Lösung der gleichen Schaltaufgaben eingesetzt werden.

Neben diesen „althergebrachten“ wird auch eine Unmenge neuerer Relaistypen gefertigt, die, obwohl sie äußerlich meist andere Formen haben, doch in diese große Gruppe der Rund- und Flachrelais gehören. Dazu zählen solche bekannten und gebräuchlichen Relais wie RH 95, RH 100, das Kleinrelais ST 10 (Bild 7) und die im VEB Werk für Bauelemente der Nachrichtentechnik Großbreitenbach hergestellten Kleinrelais GBR 100, 300, 400 und 700.

Gerade die RH-Relais, vom Herstellerwerk, dem VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow, als „Zwischenrelais“ bezeichnet, verdienen Beachtung in bezug auf ihre technischen Daten.

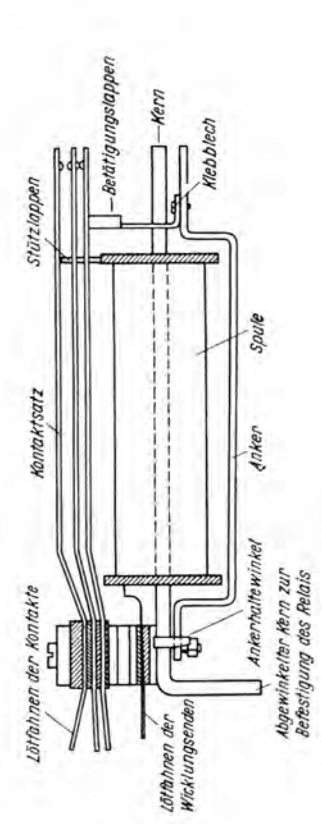


Bild 6 Prinzipieller Aufbau des Flachrelais



Bild 7 RH 100 und Kleinrelais ST 10

Gegenüber den normalen Flach- und Rundrelais sind sie kürzer, bedeutend robuster gebaut und für größere Spannungen bzw. Leistungen zugelassen. Sie eignen sich daher ausgezeichnet für die Ein- oder Umschaltung von Netzverbrauchern.

Im Rahmen der Miniaturisierung aller elektronischen Anlagen und Bauelemente wurde das standardisierte Kleinrelais ST 10 geschaffen. Mit seinen geringen Abmessungen (18 mm × 27 mm × 30,5 mm) und seinem Gewicht von 28 p wird dieses kleine Rundrelais unter den Bastlern bestimmt viele Freunde finden.

Die Großbreitenbacher Relais GBR 100, 300, 400 und 700 zeichnen sich durch geringe Abmessungen, kleine Schaltzeiten, Lageunabhängigkeit und Erschütterungsfestigkeit aus. Staubschutzkappen schützen die Kontakte vor Verunreinigungen. Dadurch eignen sich diese modernen Relais vor allem für den Einsatz in transportablen Geräten, Fahrzeugen und der Witterung ausgesetzten Anlagen (z. B. Antennenumschalter).

Gegenwärtig arbeitet man in der einschlägigen Industrie an der weiteren Standardisierung und Verbesserung der Relais. Dabei werden besonders erhöhte Empfindlichkeit und Kontaktzahl angestrebt.

1.2. Telegrafenrelais

In der Fernschreibtechnik und bei anderen speziellen Schaltaufgaben werden Relais mit äußerst geringen Schaltzeiten (weniger als 1 ms) benötigt. Die bisher besprochenen Relaistypen weisen jedoch Schaltzeiten von 7 bis 30 ms auf. Auch die Empfindlichkeit der Rund- und Flachrelais reicht gerade in der Fernschreibtechnik nicht aus. Sende- und Empfangsrelais der Fernschreibtechnik müssen schon bei Strömen von 1 bis 10 mA einwandfrei schalten.

Diese und weitere Überlegungen führten zur Entwicklung des Telegrafenrelais, das durch seine äußerst kurzen Schaltzeiten und seine große Empfindlichkeit auch dem Bastler zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Bild 8 stellt die Wirkungsweise des Telegrafenrelais dar, das im Gegensatz zum neutralen Rund- und Flachrelais polarisiert ist, d. h. seinen Kontakt abhängig von der Stromrichtung in den Relaisspulen bewegt. Im Ruhezustand wirkt nur die magnetische Kraft des Dauermagneten (in Bild 8 schraffiert gezeichnet und mit Polung versehen) auf den beweglich gelagerten Anker. Im Augenblick des Stromflusses in der Relaiswicklung entsteht ein zweites elektromagnetisches Feld, das dem magnetischen Feld des Dauermagneten überlagert wird. Gemäß Bild 8 würde der Strom zu der in Klammern gesetzten Polung des Elektromagneten führen. Bei unserem Beispiel addieren, d. h. verstärken sich also die magnetischen Kräfte auf der rechten Seite (Dauermagnet-Nordpol; Elektromagnet-Nordpol), während sie sich auf der linken Seite (Dauermagnet-Nordpol; Elektromagnet-Südpol) subtrahieren, also schwächen. Der Anker würde an den rechten Kontakt gezogen werden und in dieser Stellung verharren, solange nicht ein umgekehrter Erregerstrom die Wicklung durchfließt. So wird je nach Stromrichtung der eine oder andere magnetische Kraftfluß verstärkt und dementsprechend der Anker angezogen. Das Relais ist so aufgebaut, daß magnetischer Dauerfluß und Erregerfluß nur auf sehr kleinen Strecken gemeinsam verlaufen, wodurch eine störende Beeinflussung beider magnetischer Kreise vermieden wird. Auf Grund ihrer mechanisch äußerst robusten Kon-

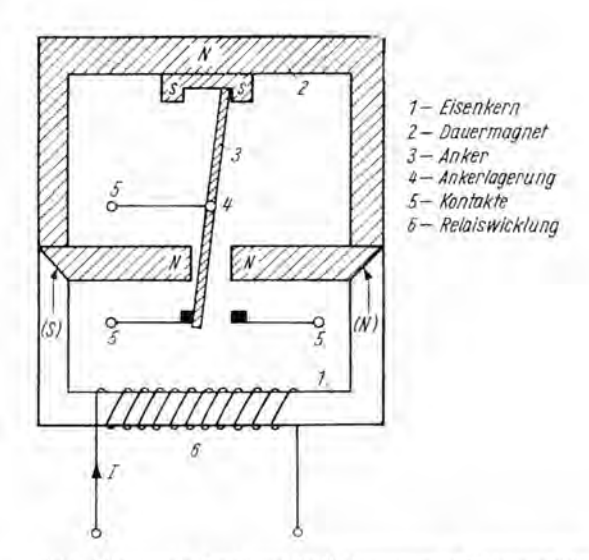


Bild 8 Schematische Darstellung der Wirkungsweise des Telegrafenrelais

struktion weisen Telegrafenrelais selbst nach langer Betriebsdauer nur geringfügige Abweichungen von ihren Einstellwerten auf. Ein Telegrafenrelais kann im Durchschnitt 300 Millionen Schaltungen wartungsfrei durchführen. Durch den Stecksockel werden die Telegrafenrelais zu leicht auswechselbaren Bauelementen, so daß rasche Kontroll- und Wartungsmöglichkeit gegeben ist. Am Stecksockel befinden sich zwei Führungsstifte mit Nuten, durch die das Relais bis zu einer Zugkraft von etwa 10 kg fest in der zugehörigen Relaisfassung gehalten wird. Durchsichtige Plastkappen schützen vor Verstaubung und gestatten eine optische Kontrolle der Arbeit des Kontaktes. (Nur ältere Telegrafenrelais sind noch mit Aluminiumkappen versehen.)
Bild 9 zeigt Telegrafenrelais und Relaisfassung. Ohne besondere Notwendigkeit sollte man keinesfalls die Schutzkappe abnehmen, da jedes Staubteilchen die Funktionstüchtigkeit des Relais beeinträchtigt.

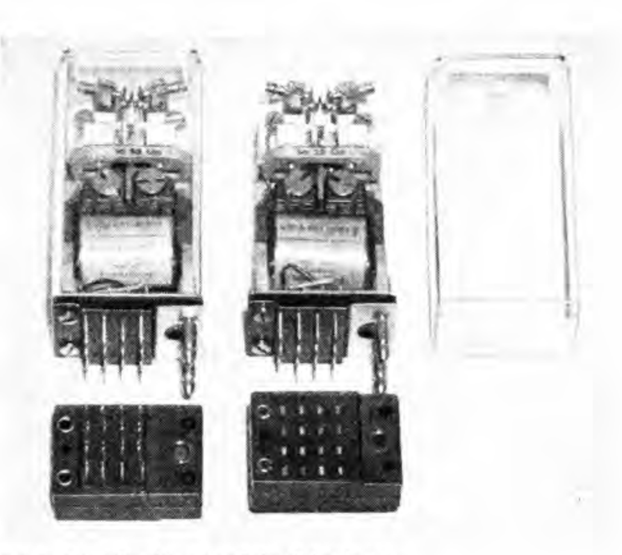


Bild 9 Telegrafenrelais mit und ohne Schutzkappe

Telegrafenrelais können bis zu sechs Erregerwicklungen haben, sind jedoch, was oft als Nachteil empfunden wird, mit nur einem Umschaltekontakt bestückt.

Bild 10 stellt die Beschaltung des Stecksockels dar. Die Messerleisten 1 bis 13 sind entsprechend Relaistyp mit den Erregerwicklungen beschaltet.

Typenbezeichnung
1 2 3 4
5 6 7 8
9 10 11 12
Z A T 13
Rls. 0374.001 10002
Führungsstifte
Messerleisten

Bild 10
Beschaltung des Stecksockels des Telegrafenrelais

Der Buchstabe A bedeutet Anker, T — Trennseite und Z — Zeichenseite. Das Telegrafenrelais ist *stromrichtungsempfindlich*, daher müssen seine beiden Kontaktseiten gekennzeichnet werden.

Für den Bastler ist dabei folgendes wichtig:

— Batterieplus am Wicklungsanfang und Batterieminus am Ende = Anker (A) des Relais auf Trennseite (T).
— Batterieminus am Wicklungsanfang und Batterieplus am Ende = Anker (A) des Relais auf Zeichenseite (Z).

Je nach der Einstellung einer auf den Anker wirkenden Federkraft erhält man verschiedene Ruhelagen des Ankers:

Zweiseitige Ruhelage — Befinden sich die Wicklungen in stromlosem Zustand, so bleibt der Anker in der letzten Schaltstellung liegen (gleichgültig, ob auf Zeichen- oder Trennseite).

Mittlere Ruhelage — In stromlosem Zustand steht der Anker zwischen beiden Kontakten, ohne einen von ihnen zu berühren.

Einseitige Ruhelage — Der Anker wird nach Aufhören der Erregung immer auf eine bestimmte Kontaktseite gelegt.

Telegrafenrelais weisen gegenüber den Rund- und Flachrelais folgende Vorteile auf:

hohe Ansprechempfindlichkeit durch

— geringen Luftspalt zwischen den Kontakten (0,2 mm bis 0,5 mm);
— zentrale Lagerung des Ankers (Anker ist im Schwerpunkt und leicht drehbar verankert);
— leichten Anker;

kurze Umschaltzeit (weniger als 1 ms) durch

— geringen Ankerweg;
— geringe Kontaktkraft (1 p);
— Beseitigung der Ankerprellung beim schnellen Umschlagen des Ankers durch Reibfedern;

Erschütterungsunempfindlichkeit

— Telegrafenrelais arbeiten bis zu einer Stoßbeschleunigung von 10 *g* (10fache Erdbeschleunigung) einwandfrei;

Temperaturunempfindlichkeit

— Telegrafenrelais arbeiten in dem Temperaturbereich von — 40 °C bis + 60 °C einwandfrei;

maximale Schalthäufigkeit

— Telegrafenrelais bewältigen ohne weiteres bis zu 300 Schaltungen je Sekunde.

Alle diese Vorzüge — nicht zu vergessen die mögliche zweiseitige Ruhelage des Ankers — bieten dem Bastler zahlreiche Einsatzmöglichkeiten. Die genauen technischen Daten der wichtigsten Telegrafenrelaistypen sind unter 2.3. „Beschriftung der Relais“ angegeben.

Ergänzend sei noch bemerkt, daß auch bei Telegrafenrelais Bestrebungen zur Miniaturisierung vorhanden sind. Ein verheißungsvoller Anfang in dieser Richtung ist das vom VEB Schaltgeräte Auerbach hergestellte „gepolte Kleinrelais“. Seine geringen Abmessungen (43 mm × 21 mm × 17 mm), sein geringer Leistungsverbrauch (3,7 mW) und der 7polige Stecksockel für Miniaturröhrenfassungen gestatten vorteilhaften Einsatz in transportablen Geräten.

1.3. Sonderausführungen

1.3.1. Thermorelais

Sämtliche bis jetzt genannten Relaistypen basieren auf der Umwandlung des elektrischen Stromes in Elektromagnetismus. Das Thermorelais dagegen arbeitet auf der Grundlage der Wärmewirkung des elektrischen Stromes. Die Erregerwicklung ist auf einer Bimetallkontaktfeder angebracht (Bild 11). Diese Feder besteht aus zwei Lagen verschiedener

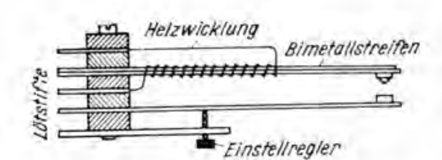


Bild 11
Aufbau des Thermorelais

Metalle (Kupfernickel und Nickelstahl), die unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten haben. Fließt Strom durch die Erregerwicklung, so erwärmt sich die Feder, wobei die obere Metallschicht stärker ausgedehnt wird als die untere. Infolgedessen krümmt sich die Feder, und der Kontakt schließt.

Die langsame Erwärmung bedingt lange Schaltzeiten. So sind mit Thermorelais Schaltverzögerungen bis zu 90 s erreichbar. Bei den meisten Ausführungen ist der Bimetallstreifen nicht, wie in Bild 11 angegeben, gleichzeitig auch Kontaktfeder. Er betätigt dann die Kontaktfeder indirekt über einen Hartgummipimpel.

Thermorelais werden dort eingesetzt, wo Schaltzeiten von mehreren Sekunden notwendig sind. (Zu beachten ist dabei noch, daß man Thermorelais möglichst nicht da verwendet, wo mehrere Schaltvorgänge kurzzeitig hintereinander ausgeführt werden müssen. Das Relais kann sich in solchen Fällen nicht genügend abkühlen und betätigt nach erneutem Einschalten des Erregerstroms seine Kontakte zu schnell.)

Ein weiterer, bedeutender Vorteil des Thermorelais gegenüber den bisher besprochenen Relaistypen besteht darin, daß als Erregerstrom auch Wechselstrom Verwendung finden kann. Es wird mit Heizwicklungen 60, 100, 170, 200, 300 und 600 Ω geliefert.

1.3.2. Remanenzrelais

Das Remanenz- oder Haftrelais ist ein gewöhnliches Flachrelais, das an Stelle des Klebblechs einen Haftstift hat. Zum Schalten genügt ein kurzer Stromimpuls. Anschließend hält sich das Relais durch den Restmagnetismus des Eisenkerns.

Der Abfall des Ankers wird durch kurze Gegenerregung (Impulsdauer $\leq$ 10 ms) in der Relaiswicklung oder manuell erreicht.

1.3.3. Resonanzrelais

Das Resonanzrelais bzw. Frequenzrelais spricht auf bestimmte Frequenzen (grundsätzlich im Tonfrequenzbereich) an (Bild 12). Die Spulen werden von Wechselstrom durchflossen.

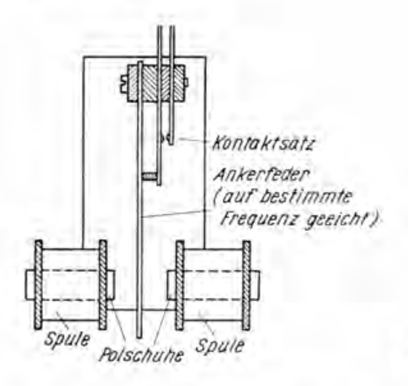


Bild 12
Aufbau des Resonanzrelais

Zwischen den Polschuhen der Spulen entsteht ein sich im Rhythmus der Frequenz änderndes magnetisches Kraftfeld. Bei Resonanz schwingt die Ankerfeder und betätigt den Kontakt. Einer bestimmten Ankerfederlänge entspricht jeweils eine bestimmte Frequenz (Resonanzfrequenz). Nur wenn der die Spulen durchfließende Strom die entsprechende Frequenz hat, wird der Kontakt durch den Anker betätigt. Das Resonanzrelais wird unter anderem zum Auslösen mehrerer unterschiedlicher Signale über eine Zweidrahtleitung benutzt. In diesem Fall liegen alle Relais (verschiedene Frequenzen — unterschiedliche Signale) parallel in der Leitung.

Resonanzrelais haben eine erhebliche Resonanzschärfe. So lassen sich z. B. im Frequenzband von 350 bis 850 Hz 32 Resonanzrelais mit je 15 Hz Abstand unterbringen.

1.3.4. Quecksilberrelais

Dieses Relais verwendet man für die Einschaltung von Starkstromkreisen bis 550 W (Bild 13). Der Kontaktschluß wird durch das in der Röhre befindliche Quecksilber erreicht, das bei Anzug des Ankers eine elektrische Verbindung zwischen beiden Kontakten herstellt. Bei Quecksilberrelais muß auf lotrechte Befestigung geachtet werden, da sonst ständige oder keine Kontaktgabe auftreten kann.

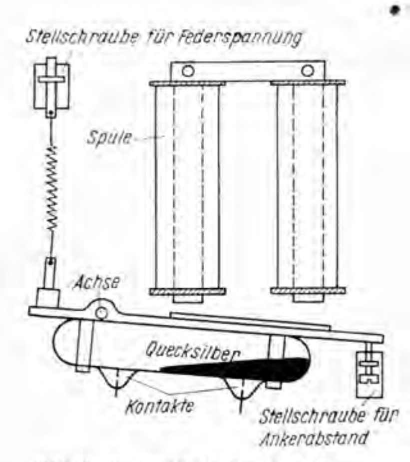


Bild 13 Aufbau des Quecksilberrelais

1.3.5. Wechselstromphasenrelais

Rund- und Flachrelais sind grundsätzlich für Gleichstrom bestimmt. Wird ein solches Relais in einen Wechselstromkreis geschaltet, so vibriert der Anker im Rhythmus der Frequenz des Wechselstroms, und die Kontakte arbeiten nicht oder nur unregelmäßig. Fast die gesamte Energieerzeugung ist jedoch auf Wechselstrom aufgebaut. In vielen Anlagen benötigt man Relais, die bei Netzausfall abschalten bzw. bei anliegendem

Netz schalten. Wäre man für diese Zwecke auf Rund- bzw. Flachrelais angewiesen, so müßte in jedem Fall ein recht aufwendiger Gleichrichterteil vor dem Relais angeordnet werden (siehe unter 3.2.2.). Um das zu vermeiden, wurde das Wechselstromphasenrelais entwickelt (Bild 14).

Das Wechselstromphasen- oder auch Zweiphasenrelais besteht aus zwei Kernen mit je einer Wicklung, über denen ein gemeinsamer Anker liegt. Die erste Wicklung wird direkt, die zweite über einen Kondensator an die Wechselspannung ge-

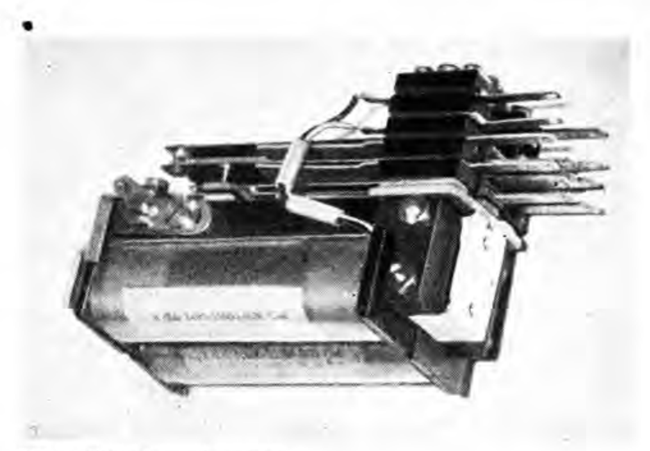


Bild 14 Wechselstromphasenrelais

legt. Bekanntlich erzeugt der Kondensator im Wechselstromkreis eine Phasenverschiebung von nahezu 90°. Bei angelegter Wechselspannung zieht also immer einer der beiden Kerne des Relais den gemeinsamen Anker an: Das Relais arbeitet ruhig und gleichmäßig.

Wechselstromphasenrelais sind in den meisten Fällen direkt für 220 V Wechselspannung ausgelegt. Die Kapazität des Kondensators beträgt je nach Typ des Wechselstromphasenrelais 0,3 bis 1 μF. Eine andere, recht beliebte Ausführung des Wechselstromrelais arbeitet mit nur einer Wicklung. Von nor-

malen Relaistypen unterscheidet es sich nur durch den gespaltenen Kern mit Kupferkurzschlußring. Die bekanntesten Relaistypen dieser Bauart sind RH 21, 51, 91 und 95.

1.3.6. Fallklappenrelais

Die Besonderheit des Fallklappenrelais besteht darin, daß sein Anker bei Betätigung eine mechanisch festgehaltene Klappe freigibt, die zur optischen Anzeige dient. Das Fallklappenrelais wird in der Fernsprechtechnik zur Kennzeichnung des Anrufs von Teilnehmern im Handvermittlungsverkehr und in Personenrufanlagen (z. B. in Hotels, Krankenhäusern u. ä.) verwendet. Vielfach befindet sich am Relais ein Kontakt, der einen zusätzlichen akustischen Alarmkreis zu steuern vermag. Die Klappe muß bei den meisten Typen manuell in die Ausgangsstellung zurückgelegt werden.

1.3.7. Transistorisiertes Mikrorelais (TMR)

Dem Streben nach weiterer Miniaturisierung und Steigerung der Empfindlichkeit von Relais kommen die Keramischen Werke Hermsdorf nach, indem sie seit kurzem das „Transistorisierte Mikrorelais" (TMR) fertigen. Auf einer Keramikträgerplatte sind ein Transistor, eine Erregerspule, ein Mikroschalter und die notwendigen Anschlußdrähte und Widerstände aufgebracht.

Das Steuersignal (minimal 1 V; 1 mW) wird im Transistor ($U_B = 12$ V) verstärkt und gelangt erst dann auf die Erregerspule.

Durch seine hohe Empfindlichkeit, die kleinen Abmessungen (30 mm × 27 mm × 16 mm), die große mechanische Festigkeit, den sicheren Betrieb auch bei extremen klimatischen Beanspruchungen und auch durch die Lageunabhängigkeit wird dieses neue Mikrorelais dem Bastler bei transportablen Geräten bzw. ferngesteuerten Modellen wahrscheinlich bald schon unentbehrlich sein (im Anhang kurze Zusammenstellung der technischen Daten, Schaltbild und Anschlußschema des Mikrorelais).

1.4. Wähler (Schrittschaltwerke)

Mit Wählern wird der Bastler weniger in Berührung kommen; einmal weil sie Spezialbauelemente automatischer Vermittlungen sind und als solche von der Industrie fast ausschließlich für derartige Zwecke hergestellt werden, zum anderen benötigt sie der Bastler kaum.

Der Vollständigkeit halber seien sie aber an dieser Stelle erwähnt. Auch Wähler gestatten es, eine Reihe von Schaltaufgaben geschickter und vorteilhafter zu lösen. Der Bastler wird bei Bedarf meist auf ausrangierte, eventuell defekte Exemplare der Deutschen Post zurückgreifen müssen.

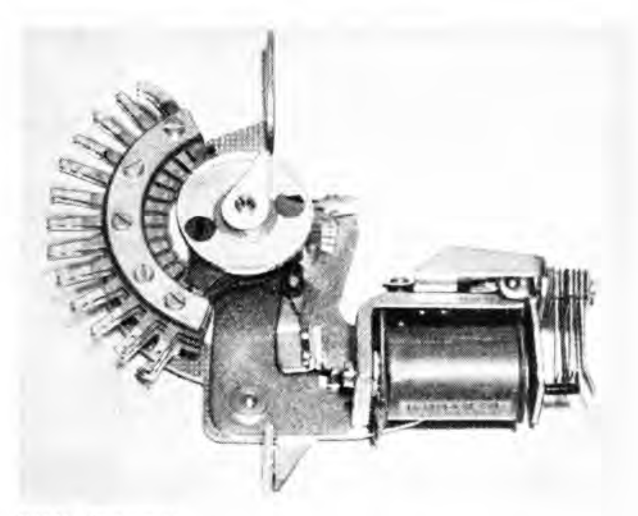


Bild 15 Drehwähler

Der für uns wichtigste Wählertyp ist der Drehwähler (Bild 15). Im Aufbau unterscheidet man leicht drei kennzeichnende Konstruktionselemente: den Antrieb, die Kontaktarme und den Kontaktsatz. Der Antrieb besteht aus dem Antriebmagneten, der bei Stromdurchfluß den Anker anzieht. Dieser greift

über eine Stoßklinke in ein Zahnrad ein und bewegt dadurch die Kontaktarme um einen Schritt vorwärts. In der Abbildung sehen wir einen 12teiligen Drehwähler, der 12 Schaltschritte in der beschriebenen Art ausführen kann. Die notwendigen Stromimpulse werden durch Nummernscheiben gegeben, wie sie an jedem Telefon angebracht sind. Wählt man an der Nummernscheibe also die Zahl 7, so bekommt der Wähler 7 Stromimpulse, führt dementsprechend die gleiche Anzahl Schaltschritte aus. Ein 12teiliger Drehwähler gibt uns also die Möglichkeit, 12 verschiedene Verbraucher über einen Stromkreis zu steuern. Unter 3.6. wird die praktische Ausführung einer solchen Wählerschaltung beschrieben. Auf verschiedene andere Wählertypen soll an dieser Stelle nicht ausführlicher eingegangen werden. Der gebräuchlichste ist der Hebdrehwähler, mit dem 100 verschiedene Schaltschritte ausgeführt werden können, und der Motorwähler, der durch einen Motor bewegt wird und daher seine Schaltschritte schneller ausführen kann. Eine Zwischenstellung zwischen Wähler und Relais nimmt schaltungstechnisch das Wählerrelais ein. Als Antrieb findet hier ein großes Rundrelais Verwendung. Wählerrelais werden mit 24- und 36teiligen Schalträdern geliefert. Sie arbeiten mit kleineren Erregerströmen als Drehwähler und sind deshalb für den Bastler unter Umständen besonders vorteilhaft.

1.5. Zerhacker

Zerhacker benutzt man heute seltener, sie werden mehr und mehr von den meist sicherer arbeitenden Transvertern abgelöst. Nur noch in älteren Autosupern und Blitzlichtgeräten begegnen wir ihnen.

Zerhacker (Bild 16) sind so aufgebaut, daß sie einen Gleichstrom durch periodische mechanische Schaltbewegungen unterbrechen bzw. „zerhacken". Es entsteht ein aus Rechteckimpulsen bestehender Wechselstrom, der anschließend transformiert werden kann.

Zerhacker setzt man dort ein, wo eine geringe Batteriegleichspannung (4 V, 5 V, 6 V, 12 V, 24 V) in eine hohe Wechsel-



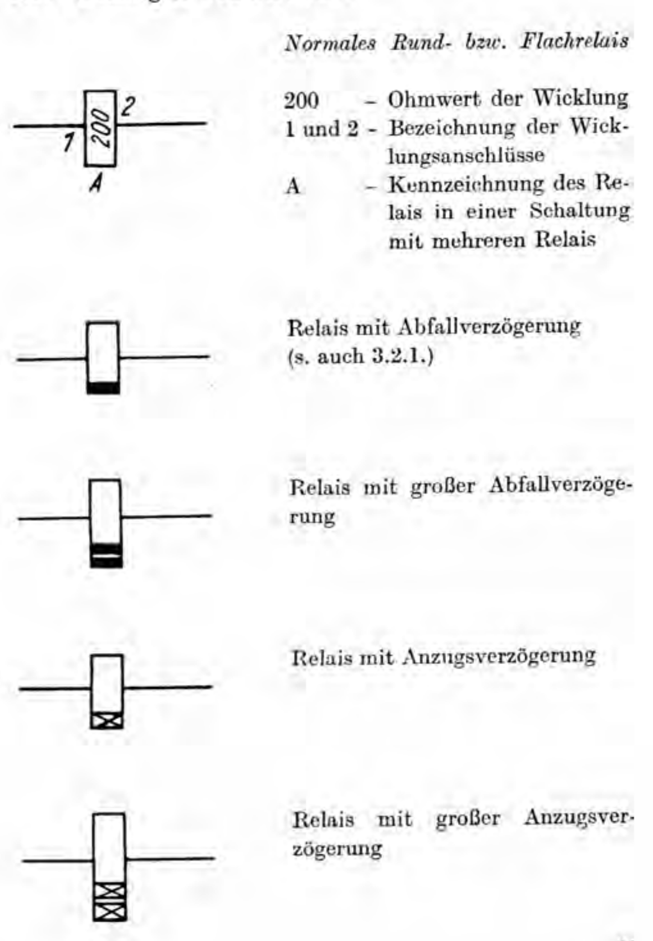
Bild 16 Zerhacker mit und ohne Schutzkappe

bzw. Gleichspannung umgewandelt werden muß (z. B. zur Erzeugung der Anodenspannung für mit Röhren bestückte Autosuper).

Ein besonderer Vorteil des Zerhackers gegenüber Transvertern besteht darin, daß man die transformierte Wechselspannung mit Hilfe eines zweiten Kontaktsatzes des Zerhackers sofort wieder gleichrichten kann. Dadurch wird der Gleichrichter eingespart. In Meßwandlern begegnen wir einem besonderen Zerhackertyp, dem Chopper (Meßzerhacker). Auch in modernen Meßgeräten wird er gern zur Verwandlung der Meßgrößen (Gleichspannung, Gleichstrom) herangezogen.

2. Hinweise für das Basteln mit Relais

2.1. Wichtigste Schaltzeichen



Normales Rund- bzw. Flachrelais

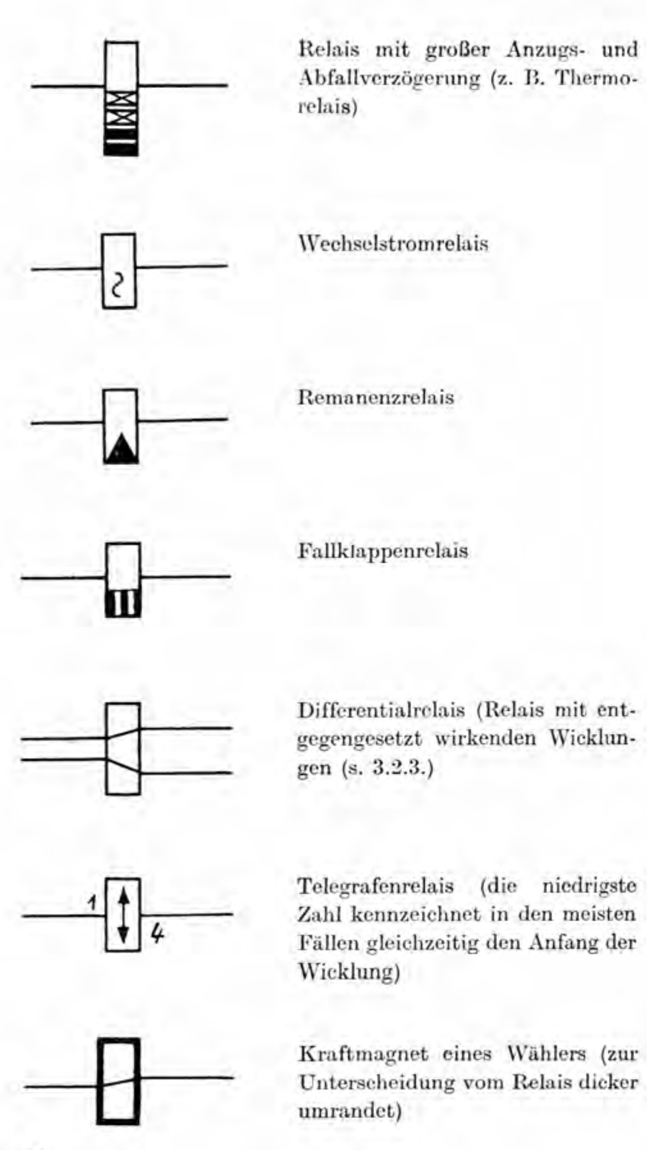
200 – Ohmwert der Wicklung
1 und 2 – Bezeichnung der Wicklungsanschlüsse
A – Kennzeichnung des Relais in einer Schaltung mit mehreren Relais

Relais mit Abfallverzögerung (s. auch 3.2.1.)

Relais mit großer Abfallverzögerung

Relais mit Anzugsverzögerung

Relais mit großer Anzugsverzögerung



Relais mit großer Anzugs- und Abfallverzögerung (z. B. Thermorelais)

Wechselstromrelais

Remanenzrelais

Fallklappenrelais

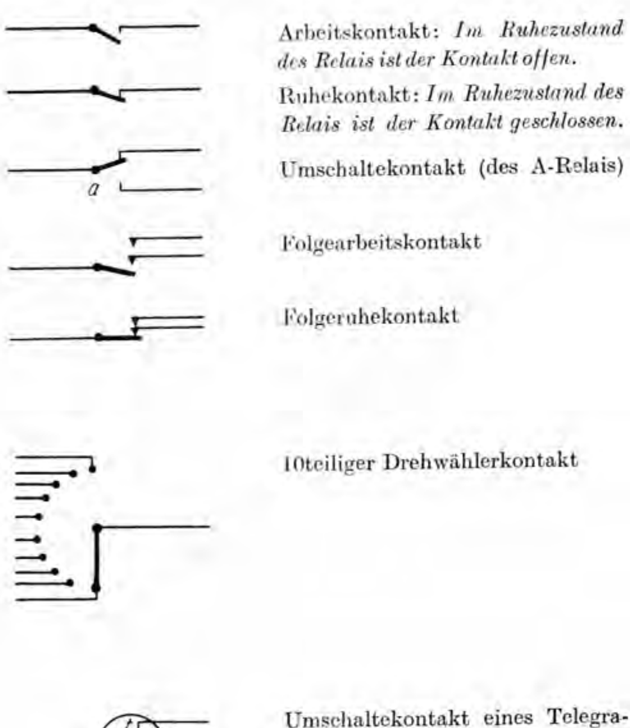
Differentialrelais (Relais mit entgegengesetzt wirkenden Wicklungen (s. 3.2.3.)

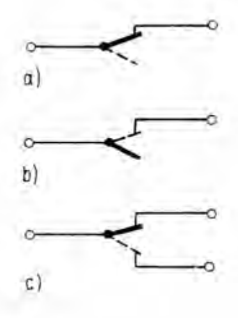
Telegrafenrelais (die niedrigste Zahl kennzeichnet in den meisten Fällen gleichzeitig den Anfang der Wicklung)

Kraftmagnet eines Wählers (zur Unterscheidung vom Relais dicker umrandet)

2.2. Kontaktarten

Kontakte werden in Relaisschaltungen grundsätzlich in der Stellung gezeichnet, in der sie bei Ruhestellung des Relais liegen.





Darstellung von Relaisschaltungen mit in Ruhezustand erregtem Relais (z. B. Alarm- und Sicherungsanlagen)

a – Ruhekontakt
b – Arbeitskontakt
c – Umschaltekontakt

Der stark ausgezeichnete Kontaktarm weist auf die Kontaktlage bei nicht erregtem Relais hin, während der gestrichelte die wirkliche Kontaktlage in der speziellen Ruhestromschaltung (also bei erregtem Relais) angibt.

(Die Bilder 28 und 34 sind nach der obengenannten Methode gezeichnet.)

2.3. Beschriftung und Beschaltung der Relais

Fast alle Relais sind mit Spulenaufdruckzetteln versehen, die die wichtigsten technischen Daten des Relais enthalten.

z. B.: (1—5) I 1000—13400—0,12 CuL
RFT 308 VEB
4720:30—43

Die einzelnen Angaben in obigem Beispiel haben folgende Bedeutung:

(1—5) – Die Wicklung liegt an den Lötösen 1 und 5
I – 1. Wicklung (hat nur bei Relais mit mehreren Wicklungen Bedeutung)
1000 – Widerstand der Wicklung in Ohm
13400 – Anzahl der Windungen um den Kern

0,12	–	Drahtstärke (reiner Leitungsdurchmesser ohne Isolierung)
CuL	–	verwendetes Drahtmaterial (CuL – Kupfer mit Lackisolierung, CuPrL – Kupfer mit Perlonlackisolierung, WdSS – Widerstandsdraht mit 2 Seidenlagen als Isolierung)
RFT 308 VEB	–	Angabe, in welchem Betrieb das Relais gefertigt wurde (im Beispiel: VEB Fernmeldewerk Arnstadt)
4720:30–43	–	Bauvorschriftsnummer

Steht an Stelle der Windungszahl der Ausdruck „bif", so handelt es sich um eine Bifilarwicklung. Bei Bifilarwicklungen wird eine Drahtschleife — bestehend aus zwei nebeneinander liegenden Drähten — an Stelle des sonst üblichen einfachen Drahtes gewickelt. Bei Stromdurchfluß in der Bifilarwicklung heben sich die magnetischen Kräfte beider Teile der Schleife, die ja unterschiedlichen Wicklungssinn haben, auf. Eine solche Wicklung hat also keinerlei Einfluß auf die Schaltfunktion des Relais und ist darum jeweils nur als Zusatzwicklung aufgebracht. Als Drahtmaterial wird meist Widerstandsdraht verwendet. Mit der Bifilarwicklung ist dem Bastler praktisch ein „Gratis-Widerstand" gegeben, den er als Vorwiderstand für die Relaiswicklung entsprechend 3.2.4. verwenden kann.

Ist vor zwei Wicklungsbezeichnungen eine geschweifte Klammer gesetzt, so sind beide Wicklungen leitend miteinander verbunden.

Telegrafenrelais sind an ihrem Sockel mit einer Typennummer versehen, z. B. Rls 0373 001 512 18.

In diesem Falle haben die Zahlen folgende Bedeutung:

Rls 0373 001: Kennziffer für Relaistypen

Die häufigsten Relaistypen sind:

Rls 0373 001	–	gepoltes Relais mit 2 Ankerruhelagen und hoher Ruhekontaktkraft (6 p) (neue Bezeichnung A 3)

Rls 0374 001 – gepoltes Relais mit 2 Ankerruhelagen und normaler Kontaktkraft (1 p)
(neue Bezeichnung A 4)

Rls 0375 001 – gepoltes Relais mit Ruhelage zwischen den Kontakten
(neue Bezeichnung A 5)

Rls 0377 001 – gepoltes Relais mit Ruhelage auf Trennseite
(neue Bezeichnung A 7)

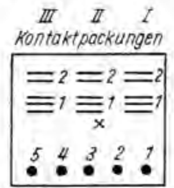
51 – Kennzahl für Ankerausführung und Kontaktmaterial. 51 – mechanisch gedämpfter Anker: Gold-Nickel-Kontakte

2 – Kennzahl für Ankereinstellung

18 – Kennziffer für Wicklungen
(Die wichtigsten Kennziffern für Wicklungen werden im Anhang dieser Broschüre unter 4.1. erläutert)

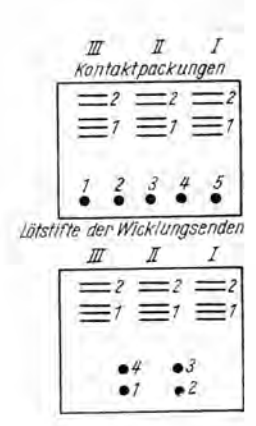
Zählweise der Kontakte und Lötstifte bei Rund- und Flachrelais (Betrachtung der Lötstifte von hinten)

Flachrelais:



Findet man z. B. in einer Schaltung einen Kontakt r II 1, so handelt es sich um die mit Kreuz (X) gekennzeichneten Lötfahnen des R-Relais. (Relais werden in Schaltungen mit großen Buchstaben, Kontakte mit kleinen bezeichnet.)

Rundrelais:



großes Rundrelais

mittleres Rundrelais

2.4. Berechnungsfragen

Dabei gilt es, zuerst einige Begriffe zu klären, die beim praktischen Arbeiten mit Relais immer wieder auftauchen:

Fehlstrom (I_f) – höchstzulässiger Strom, der durch ein Relais fließen kann, ohne daß die Kontakte betätigt werden;

Anzugsstrom (I_a) – Mindeststrom, der benötigt wird, um die Kontakte des Relais mit Sicherheit zu betätigen;

Haltestrom (I_h) – Mindeststrom, der benötigt wird, um die Kontakte des Relais mit Sicherheit zu halten;

Abfallstrom (I_{ab}) – Höchststrom, der die betätigten Relaiskontakte mit Sicherheit abfallen läßt.

Der Haltestrom liegt weit unter dem Anzugsstrom. Zum Halten des Relaisankers wird nur etwa die 0,4fache Stärke des Stromes benötigt, der das Relais anziehen läßt. Diese Tatsache gewinnt bei Schaltungen Bedeutung, in denen Relais

dauernd oder fast nur gezogen sind. In solchen Fällen ist es ratsam, nach Anziehen des Ankers nur noch den Haltestrom fließen zu lassen (s. unter 3.2.4.).

Ein weiterer wichtiger Begriff ist die *Ampere-Windungszahl* (AW). Die auf den Anker eines Relais wirkende magnetische Kraft hängt ab von Stromstärke und Windungszahl. Aus diesem Grund wird die Empfindlichkeit aller Relais in Amperewindungen (AW) angegeben.

	Rundrelais	mittleres Rundrelais	Flachrelais
Anzugsstrom	120 AW	80 AW	90 AW
Haltestrom	65 AW	35 AW	35 AW

Die in der Tabelle angegebenen Zahlen sind Durchschnittswerte und gelten grundsätzlich nur für Relais mit einem Kontaktsatz. Für jeden weiteren Kontaktsatz müssen etwa 20 AW aufgeschlagen werden. (Alle Werte sind mit 1,2- bis 1,5facher Sicherheit angegeben.) Telegrafenrelais dagegen brauchen nur Ansprecherregungen von etwa 1 bis 15 AW (je nach Typ).

Durch das nachfolgende Berechnungsbeispiel wird die Bedeutung obiger Daten verständlicher.

Ein mittleres Rundrelais mit einem Ruhekontakt soll bei 12 V Betriebsspannung und 8 mA Erregerstrom ziehen. Gesucht wird die Windungszahl des Relais:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12\ \text{V}}{8 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 1500\ \Omega = 1{,}5\ \text{k}\Omega.$$

Die Erregerwicklung hat demnach einen Widerstand von 1,5 kΩ.

(AW) Amperewindungen = Windungen · Erregerstrom

$$\text{Windungszahl} = \frac{80\ \text{AW}}{8 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 10\,000\ \text{Wdg.}$$

Das Relais muß also etwa 10000 Windungen haben, damit es unter den genannten Bedingungen zieht. Weitere Formeln und

Werte für die eigene Wicklungsberechnung sind unter 4.7. zu finden. Bei solchen Berechnungen ist auch auf die zulässige Belastung für die Relaiswicklung zu achten. Temperaturen über 140 °C schaden der Drahtisolation. Aus diesem Grund sind als maximale Spulendauerbelastung für das mittlere Rundrelais 3 W und für das Flachrelais 5 W angegeben.

Bei unserem Beispiel ergibt sich folgende Leistung für die Wicklung:

$$P = I \cdot U = 12\ \text{V} \cdot 8\ \text{mA} \approx 0{,}1\ \text{W}.$$

Der Bastler wird, wie das Berechnungsbeispiel zeigt, meist mit Relais zu tun haben, deren Betriebsspannungen und Ansprechströme er nicht kennt.

Für ein Flachrelais, aus dessen Spulenzettel hervorgeht, daß seine Wicklung 3750 Wdg. mit einem Widerstand von 500 Ω hat, sollen Erregerstrom und Betriebsspannung ermittelt werden:

$$\text{Erregerstrom} = \frac{\text{notwendige AW für Flachrelais}}{\text{Windungszahl}},$$

$$I = \frac{90\ \text{AW}}{3750\ \text{Wdg.}} = 24\ \text{mA}.$$

Das Relais benötigt also einen Erregerstrom von 24 mA.

$$U = I \cdot R = 24\ \text{mA} \cdot 0{,}5\ \text{k}\Omega = 12\ \text{V}.$$

Die Betriebsspannung für das genannte Relais beträgt 12 V. Bei dieser Spannung arbeitet es zuverlässig.

2.5. Hinweise zur Pflege der Relais

Als Bastler muß man vielfach mit ausrangierten Relais arbeiten. Der größte Teil aller in der Industrie gefertigten Relaistypen findet in industriellen Schalt-, Steuer- und Regelanlagen Verwendung. Lediglich mittlere Rundrelais sind fast immer im Handel erhältlich.

Eine solche Situation zwingt den Bastler, defekte oder in schlechtem Zustand befindliche Relais wieder „auf Vorder-

mann“ zu bringen. Er hat es dabei hauptsächlich mit folgenden Mängeln zu tun:

Verschmutzte, verstaubte oder fettige Kontakte — Schon leicht verstaubte Relaiskontakte können beim Schalten kleiner Stromstärken erhebliche Störungen hervorrufen. Man muß also durch gute Pflege schon vor Einbau des Relais eine einwandfreie Kontaktgabe sichern. Stärkere Verunreinigungen der Kontakte lassen sich gut mit feinem Sandpapier entfernen. Fettige Kontakte werden vorsichtig mit Tetra oder Benzin gewaschen und anschließend trockengerieben.

Durch entsprechenden Einbau der Relais sollte der Bastler von vornherein die Verstaubung der Kontakte weitgehend einzuschränken versuchen (Bild 17). Dazu ein Hinweis: Die Kontakte bieten in der senkrechten Lage dem herabsinkenden Staub nur ein Minimum an Fläche. Der Staub fällt zwischen den Kontakten durch, ohne sich an ihnen abzusetzen. Demgegenüber führt waagerechter Einbau relativ schnell zur Verstaubung der Kontakte.

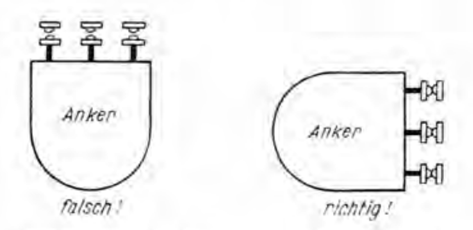


Bild 17 Schutz vor Verstaubung der Kontakte durch richtigen Einbau

Bei Telegrafen- und Kleinrelais bieten die Kappen sicheren Schutz vor Verstaubung oder Verschmutzung der Kontakte. Ohne zwingenden Grund sollte man daher jedes Abnehmen der Schutzkappen vermeiden.

Dejustierte Kontakte — Durch unsachgemäße Lagerung oder Behandlung verbiegen sich häufig die Kontaktfedern der Relais. Die Justierung von Relaiskontakten ist eine der kniff-

ligsten Arbeiten für den Amateur. In Bild 18 sind verschiedene Justierwerkzeuge abgebildet. Mit Hilfe einer Justierzange (wenn nicht vorhanden, genügt auch kleine Flachzange) muß der dejustierte Kontakt so gebogen werden, daß er entsprechend seiner Aufgabe sicher schaltet. Vom Herstellerwerk aus werden die Kontakte auf einen bestimmten genormten Kontaktdruck justiert (z. B. mittleres Rundrelais – etwa 12 p für Ruhekontakt in Ruhestellung). Mit den in Bild 18 dargestellten Federwaagen kann bei Notwendigkeit nach erfolgter Justierung der Kontaktdruck überprüft werden.

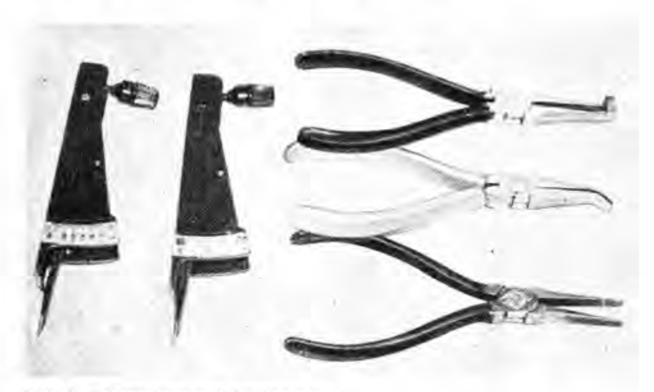


Bild 18 Federwaagen und Justierzangen

Die Justage von Telegrafenrelaiskontakten ist besonders heikel. Nach Lösen der Befestigungsschrauben (sechskantige Köpfe) können die Anschlagstellungen von Trenn- bzw. Zeichenseite geändert werden. Unter Umständen läßt sich auch ein Telegrafenrelais mit zwei Ankerruhelagen so justieren, daß es nur noch auf einer Seite Ankerruhelage hat. Werden jedoch hohe Ansprüche an das Relais gestellt (geringe Verzerrung und kleine symmetrische Schaltzeiten), so ist von dem Justieren des Kontaktes ohne oszillografischen oder stroboskopischen Verzerrungsmesser unbedingt Abstand zu nehmen.

Weitere mögliche Fehlerursachen:

Durch Feuchtigkeit können elektrolytische Zersetzungen an den dünnen Wicklungsdrähten auftreten. Solche Zersetzungen zeigen sich meist als kleine grüne Punkte an den Wicklungsenden, die zum Pluspol führen. Da die Materialwanderung von Plus nach Minus verläuft, kann bei Plus unter Umständen so viel Material abgetragen werden, daß schließlich eine Bruchstelle in der Wicklung entsteht. Aus diesem Grund ist Feuchtigkeit von Relais fernzuhalten.

Unsachgemäße Lagerung von Telegrafenrelais führt dazu, daß die Kraft der Dauermagneten nachläßt. Bei Lagerung mehrerer Telegrafenrelais muß unbedingt darauf geachtet werden, daß alle in der gleichen Richtung liegen. Günstig ist auch die Unterbringung der Relais in Kartons mit so dicken Wänden, daß schon durch den Abstand eine magnetische Beeinflussung ausgeschlossen ist.

Überströme oder *zu hohe Abschaltströme* führen zum Verbrennen der Relaiskontakte. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als die verbrannten Kontakte gegen neue auszutauschen oder (wenn vorhanden) neue Kontaktniete einzusetzen.

Entscheidenden Einfluß auf Ein- und Ausschaltzeiten des Relais hat sein mechanischer Zustand. Wir sollten deshalb den Ankerabstand bei angedrücktem Anker (bis 0,4 mm), den Ankerhub (bis 1 mm) und die Pimpelluft (Leerlauf des Ankers in Ruhestellung) unbedingt beachten.

2.6. Entstörung von Relais

Bei Unterbrechung von Stromkreisen durch Relaiskontakte entstehen (wie z. B. in elektrischen Weckern) Abreißfunken, die zu erheblichen Störungen des Rundfunkempfangs in der näheren Umgebung führen können. Solche Störungen sind entsprechend der Funk-Entstörungsordnung zu beseitigen. Wenn ein Relais allerdings entsprechend seiner Schaltaufgabe lediglich stündlich oder täglich (Dämmerungsschalter) einmal schaltet, dann ist jede Entstörungsmaßnahme Luxus. Erfor-

derlich werden solche Maßnahmen nur bei ständig schaltenden Relaiskontakten (Relaispolwechslern, Wählern, Zerhackern usw.).

In solchen Fällen wird parallel zur Funkenstrecke, also parallel zu den sich öffnenden Relaiskontakten, ein Kondensator von 0,1 bis 2 μF geschaltet, der durch seinen geringen Widerstand für HF die entstehenden HF-Schwingungen unmittelbar ausgleicht. Nach Unterbrechung des Stromkreises durch den Kontakt lädt sich der Kondensator auf und verhindert dadurch in den meisten Fällen eine Funkenbildung, entstört und trägt außerdem zur Schonung der Kontaktniete bei.

Bei Auswahl des Entstörkondensators muß eine bestimmte Spannungsfestigkeit beachtet werden. Nach Öffnen des Kontakts liegt die volle Betriebsspannung des Stromkreises am Kondensator (bei induktiver Last sogar ein Mehrfaches davon).

Es empfiehlt sich, den Kondensator in Reihe mit einem Widerstand zu schalten, der nach dem erneuten Schließen des Kontakts den Kurzschluß des Kondensators verhindert. Der Widerstand wird meist mit 30 bis 200 Ω, höchstens jedoch 500 Ω dimensioniert.

Die Bemessung für die Bauelemente der Entstörschaltung ist in jedem Fall unterschiedlich und wird zweckmäßig durch Versuch ermittelt. Bild 19 zeigt die Grundschaltung. Eine weitere Schutzmaßnahme ist bei Einsatz von Relais in Transistorschaltungen notwendig (Bild 20). Die Induktivität der Relaiswicklung führt bei Wegfall des Erregerstroms zu Abschaltspannungsspitzen, die eine Gefährdung des Transistors

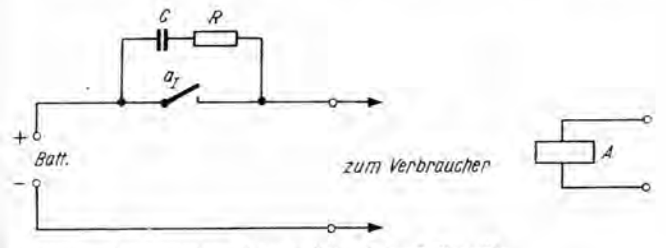


Bild 19 Entstörschaltung für periodisch arbeitende Kontakte

darstellen und deshalb zu beseitigen sind. Das trifft jedoch nur für plötzlichen Wegfall des Kollektorstroms zu (also nicht für Dämmerungsschalter u. ä.). Entsprechend Bild 20 kann eine Germanium-Flächendiode parallel zur Relaiswicklung geschaltet werden. Sie ist in Sperrichtung für die Betriebsspannung, in Durchlaßrichtung für die auftretende Selbst-

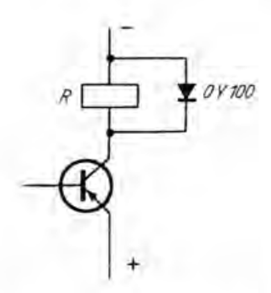


Bild 20
Überlastungsschutz für Transistoren

induktionsspannung der Relaiswicklung geschaltet und dämpft daher die letztere. Andere Dämpfungsmöglichkeiten ergeben sich durch Parallelschaltung eines Elkos (meist 0,1 μF) oder eines Widerstands. Diese letzteren Varianten bieten aber nur beschränkte Sicherheit und sind daher mit entsprechender Vorsicht zu verwenden.

2.7. Relaisdiagramm

Unter einem Relaisdiagramm versteht man die grafische Darstellung des zeitlichen Ablaufs von Schaltvorgängen in komplizierten Relaisschaltungen. Bild 21 zeigt das Relaisdiagramm des in Abschnitt 3.4.1. beschriebenen Pausenzeichengebers. Das Relaisdiagramm verdeutlicht nicht nur die Reihenfolge des Schaltens der einzelnen Relais, sondern auch die dabei auftretenden, meist unterschiedlichen Anzugs- und Abfallverzögerungen.

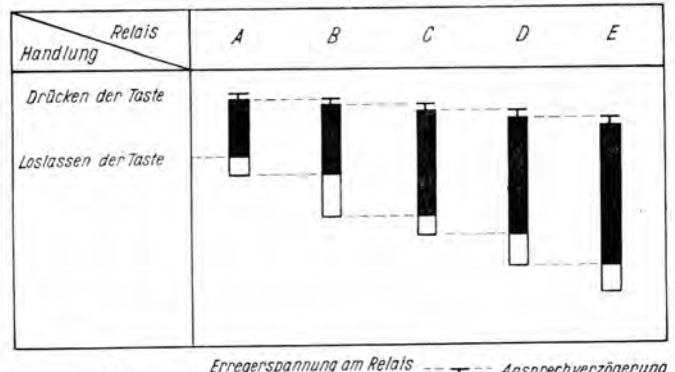


Bild 21 Relaisdiagramm des Pausenzeichengebers (3.4.1.)

3. Schaltungen mit Relais

Die auf den folgenden Seiten beschriebenen Schaltungsbeispiele sind nur einige der vielen möglichen Anwendungen von Relais. Die Reihe der aufgeführten Beispiele erhebt also keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit und könnte in jeder Richtung weiter ergänzt werden. Da der Bastler meist nicht über ein unbeschränktes Sortiment an Relaistypen verfügt bzw. nicht immer alle Typen im Handel erhält, wurde (wo nicht die Schaltung dazu zwang) auf die Festlegung eines bestimmten Relaistyps verzichtet. Dementsprechend sind auch die Betriebsspannungen willkürlich gewählt und für den jeweiligen Relaistyp, der in die Schaltung eingesetzt werden soll, noch zu berechnen (s. 2.4.).

3.1. Grundschaltungen

Die in diesem Kapitel beschriebenen Beispiele sind die Grundlage aller Relaisschaltungen. Sie basieren jeweils auf einer der wichtigsten Kontaktarten: dem *Arbeits-*, dem *Umschalte-* und dem *Ruhekontakt*. Die zu den Schaltungen aufgeführten Anwendungsbeispiele sind nur ein verschwindend kleiner Teil der Einsatzmöglichkeiten. Gerade diese Grundschaltungen gestatten eine solche Vielfalt der Lösung von Schaltproblemen, daß der Autor es dem Bastler überlassen muß, sich die zweckmäßigste Variante für sein Problem selbst auszuwählen. So sollen auch die Beispiele lediglich zu weiteren Überlegungen anregen.

3.1.1. Arbeitskontakt

In Bild 22 ist die gebräuchlichste Relaisschaltung dargestellt: das Einschalten eines Starkstromverbrauchers durch eine kleine Steuerspannung. Die Relaissteuerspannung kann durch

galvanische Elemente oder Netztrafo mit anschließendem Gleichrichter- und Siebteil sichergestellt werden. Wichtig ist nur, daß die Bemessung der Spannung je nach dem vorhandenen Relaistyp bzw. die Auswahl des Relais je nach der vorhandenen Steuerspannung erfolgt. Bei Betätigung des Schalters (Sch.) zieht das Relais (R) und schließt mit seinem r_I-Kontakt den Stromkreis des Starkstromverbrauchers. Als Verbraucher ist in der Schaltung eine Glühlampe dargestellt.

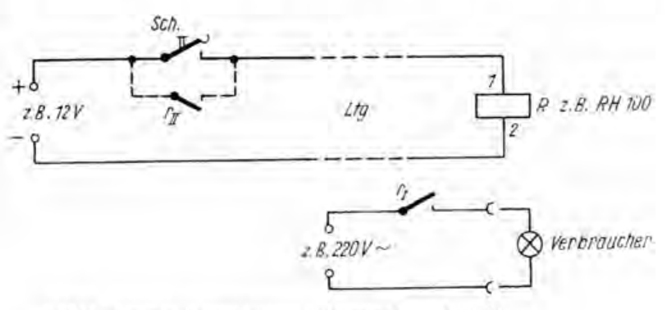


Bild 22 Einfache Relaisschaltung mit einem Arbeitskontakt

Es bleibt dem Bastler überlassen, ob er an Stelle der Glühlampe ein Radio, einen Motor oder irgendeinen anderen Netzverbraucher anschließt. Man wird diese Schaltung dort verwenden, wo von einem entfernten Punkt aus ein Starkstromverbraucher eingeschaltet werden soll. Ein offensichtlicher Vorteil dabei ist folgende Tatsache: Ohne Relais wird eine lange Starkstromleitung mit größerem Leitungsquerschnitt (wegen des Spannungsabfalls auf der Leitung) erforderlich. Die Schaltleitung für das Relais dagegen kann mit YG-Draht oder anderem Schwachstrom-Leitungsmaterial verlegt werden.

Eine andere Verwendungsmöglichkeit für die Schaltung eröffnet sich dort, wo die Schaltkontakte nicht isoliert sind und daher den Benutzer gefährden (z. B. Türkontaktschalter, Wecker als Schaltuhr usw.). Entsprechend den VDE-Vorschriften* und dem sicherlich vorhandenen Lebenswillen

* In der DDR werden die VDE-Vorschriften durch entsprechende TGL abgelöst.

eines jeden Bastlers müssen alle derartigen unter Netzspannung stehenden Teile gegen Berührung geschützt sein. In solchen Fällen stellt die Verwendung der obenstehenden Schaltung eine elegante Lösung dar, da die Kontaktelemente nur noch Batteriespannung führen und somit ohne jede Gefahr berührt werden können.

Dem Bastler bieten sich also die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten. Es sei hier der Fotoamateur darauf hingewiesen daß er z. B. die gleiche Relaisschaltung benutzen kann, um bei beabsichtigtem oder auch bei unbeabsichtigtem Öffnen seiner Dunkelkammertür das Licht im benachbarten Raum auszuschalten. Er muß nur an Stelle des Schalters Türkontakte einsetzen.

Das zusätzliche Beschalten eines zweiten, in Bild 22 gestrichelt gezeichneten Arbeitskontakts erhöht die Zahl der Einsatzmöglichkeiten für diese Schaltung. Der Kontakt überbrückt nach Ziehen des Relais den Schalter, so daß sich das Relais nach Auftrennen des Schalters über den Kontakt r_{II} hält. Dieser Kontakt wird deshalb auch als „Selbsthaltekontakt" bezeichnet. Ein kurzer Steuerimpuls durch eine Taste oder ein anderes Schaltelement reicht jetzt aus, das Relais so lange ziehen zu lassen, bis die Relaisspannung abgeschaltet oder der Relaisanker manuell in die Ausgangslage zurückgebracht wird.

Die in dieser Art erweiterte Schaltung gestattet den Eigenbau einer elektrischen Schaltuhr. An der Rückwand eines Weckers wird isoliert gegen den Wecker eine Kontaktfeder so angebracht, daß bei Ablaufen des Weckerwerks der sich mitdrehende Aufziehhebel kurzzeitig mit der Kontaktfeder in Berührung kommt. Dabei entsprechen Masse des Weckers und isoliert herausgeführte Feder den beiden Polen des Schalters in Bild 22. Je nach Wunsch kann der Bastler die Nachttischlampe oder das Radio als Netzverbraucher anschließen. Bei Ablaufen des Weckerwerks kommt der Aufziehhebel kurzzeitig mit der Kontaktfeder in Berührung. Der Erregerstromkreis für das Relais ist, wenn auch kurzzeitig, geschlossen. Das Relais zieht und hält sich über seinen Selbsthaltekontakt r_{II} bis zum Abschalten der Erregerspannung — und der Konstrukteur der

Schaltuhr wird mit Musik geweckt! Weitere Möglichkeiten des Einsatzes von Arbeitskontakten ergeben sich bei Lichtschranken, Dämmerungsschaltern, Alarmanlagen und dergleichen. Unterschiedlich an allen diesen Varianten ist nur die Art der Einspeisung des Erregerstroms sowie die Menge und die Art der Verbraucher. Denn selbstverständlich kann man durch ein Relais mit mehreren Arbeitskontakten gleichzeitig mehrere Verbraucher mit unterschiedlichen Betriebsspannungen steuern. So gestattet z. B. ein Relais mit drei Arbeitskontakten das gleichzeitige Einschalten eines Netzverbrauchers, einer 24-V-Klingel und eines weiteren Relais mit 12 V Betriebsspannung.

Bei Realisierung eines der obenangeführten Schaltbeispiele ist unbedingt zu beachten, daß der Verbraucher die zulässigen Ein- und Ausschaltströme der Kontakte nicht überschreitet. Die Kontakte des mittleren Rundrelais, des Flachrelais, des Thermorelais usw. sind nur bis zu etwa 1 A belastbar. Der zulässige Einschaltstrom der Kontakte des RH 95, des RH 100 sowie der Starkstromkontakte des großen Rundrelais und des Wechselstromphasenrelais beträgt etwa 10 A, der Ausschaltstrom etwa 1,5 A. Die Schaltleistungsgrenze des Kleinrelais ST 10 liegt bei 50 W. Bei Parallelschaltung mehrerer Kontakte eines Relais multiplizieren sich diese Werte mit der Anzahl der parallelgeschalteten Kontakte (Funkenlöschung durch Parallelschaltung eines Kondensators muß gewährleistet werden).

Beim Einschalten von Netzverbrauchern durch Relais ist zu beachten, daß, entsprechend ihren Betriebsvorschriften, nicht alle Relais dazu geeignet sind, Netzspannung zu schalten. Das zulässige Spannungspotential der Kontaktfedern gegeneinander beträgt bei mittleren Rundrelais und Flachrelais nur etwa 100 V. Diese Relais sind zwar ohne weiteres dazu geeignet, bei entsprechend kleinen Leistungen und nichtinduktiver Last auch Netzspannungen zu schalten. Dem Bastler sei jedoch die Einhaltung der diesbezüglichen VDE-Vorschriften erstes Grundprinzip seiner Arbeit. Netzverbraucher sind aus diesem Grunde nur mit den dafür vorgesehenen Relaistypen, wie große Rundrelais, Zwischenrelais (z. B. RH 100) usw., ein- bzw.

auszuschalten! Außerdem müssen netzstromschaltende Relais grundsätzlich geerdet oder genullt werden.

3.1.2. Umschaltekontakt

Der Begriff Umschaltekontakt ist meist schon von anderen Schaltelementen bekannt. Umschaltekontakte dienen, wie der Name sagt, zum Umschalten von Verbrauchern oder Stromquellen.

Bild 23 zeigt ein einfaches Beispiel der Anwendung solcher Kontakte. Bei Betätigen des Schalters zieht das R-Relais. Der r_I-Kontakt legt um und schaltet einen anderen Verbraucher in den zu steuernden Stromkreis.

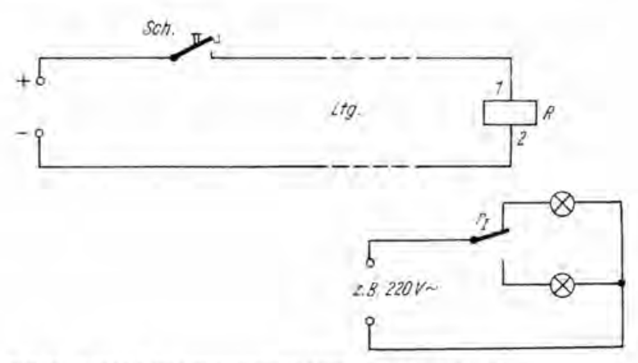


Bild 23 Einfache Relaisschaltung mit einem Umschaltekontakt

Es bieten sich zahlreiche Einsatzmöglichkeiten an, z. B.:

— Wohnzimmerbeleuchtung (Umschaltung Deckenleuchte – Stehlampe);
— Umschaltung Radio – Fernseher;
— automatische Umschaltung Netz-/Batteriebetrieb im Kofferradio;
— Umschaltung Sender – Empfänger in der Funkstation (z. B. in der Funkstation FK 1a).

Häufig ist die Umpolung von Gleichstromquellen notwendig. Ein entsprechendes Beispiel zeigt Bild 24. Über eine Gleichstromquelle sowie über die Kontakte r_I und r_{III} wird ein Gleichstrommotor angetrieben. Betätigt man den Schalter, so zieht das R-Relais. Über die beiden Umschaltekontakte des R-Relais wird umgekehrte Spannung an den Motor gelegt, der dadurch entgegengesetzten Drehsinn bekommt. Liegt die Betriebsspannung für den Motor über der des Relais, so muß ein Widerstand in den Erregerstromkreis des Relais geschaltet werden. Natürlich besteht auch die Möglichkeit eines separaten Erregerstromkreises mit einer zweiten Spannungsquelle.

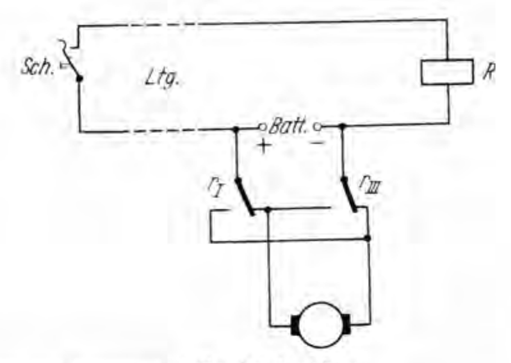


Bild 24 Umpolung von Spannungen mit Umschaltekontakten

Der Vorteil einer solchen Schaltungsanordnung liegt klar auf der Hand. Die Stromquelle kann sich in unmittelbarer Nähe des Motors befinden, wodurch Spannungsverluste vermieden werden. Der geringe Stromverbrauch des Relais wird über eine Schwachstromleitung mit nur 2 Adern kleinen Querschnitts sichergestellt.

Vor Einbau des Relais muß bei einer solchen Schaltung jedoch unbedingt auf richtige Justierung des Umschaltekontakts geachtet werden. Es besteht die Möglichkeit, daß im Umschaltmoment die Mittelfeder des Kontakts gleichzeitig beide äußeren Kontaktfedern berührt. Diese Kontaktjustierung,

auch als Schleppkontakt bezeichnet, führt im Umschaltmoment zum Kurzschluß der Spannungsquelle. Die dabei auftretenden Abreißfunken können schnell zur Zerstörung der Kontaktnieten führen. Es ist also darauf zu achten, daß die Mittelfeder im Umschaltmoment kurzzeitig keine der beiden äußeren Federn berührt (sonst justieren!).

Eine Anwendung von Relaisumschaltekontakten für Funkamateure zeigt Bild 25. Für UKW- oder Fernsehempfang benötigt der Amateur meist mehrere, unterschiedlich abgestimmte Antennen. Gewöhnlich werden die Antennenableitungen getrennt an den Empfänger geführt. Diese Methode bringt aber verschiedene Nachteile: Einmal benötigt man die doppelte Länge Bandkabel, was sich bei langen Antennenableitungen ungünstig auf das Portemonnaie des Amateurs auswirkt, zum anderen wird mit der Zeit das dauernde Umstecken der Antennen am Empfänger lästig. Einen Ausweg bietet die Umschaltung zweier Antennen mit Hilfe eines Antennenrelais (s. Bild 25).

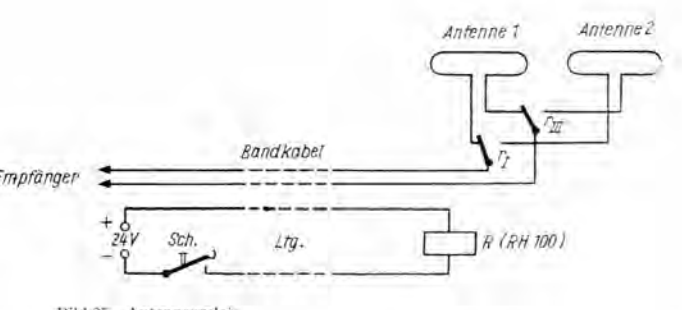


Bild 25 Antennenrelais

Das Relais, das sich zweckentsprechend in unmittelbarer Nähe der Antennen befindet (auf dem Dachboden bzw. in einem wetterfesten, nichtmetallischen Gehäuse am Antennenmast), wird über eine Schwachstromleitung erregt. Die beiden Antennenbandkabel (240 Ω) liegen auf den äußeren Kontaktfedern der Umschaltekontakte r_I und r_{III}. Von den mittleren

Federn führt das gemeinsame Bandkabel zum Empfänger. Je nach Schaltzustand des Relais bekommt der Empfänger nun das Antennensignal der einen oder der anderen Antenne.

Unbedingt zu beachten ist jedoch, daß nicht alle Relaistypen als Antennenrelais Verwendung finden können. Gerade im UKW-Bereich führt jede Fehlanpassung und jede auch noch so geringe Kapazität in der Leitung zur Dämpfung des Signals. Bei der Auswahl des Relais sind also Wellenwiderstand und Kapazität der Kontakte gegeneinander entscheidend. Als günstig hat sich die Verwendung des schon öfter erwähnten Zwischenrelais RH 100 erwiesen. Der Wellenwiderstand der nebeneinanderliegenden Kontaktpakete beträgt etwa 240 Ω, wodurch günstige Anpassungsverhältnisse gegeben sind. Die Kapazität der Kontakte gegeneinander ist im Vergleich zu anderen Relaistypen durch die Kürze und den Abstand der Kontaktfedern beim RH 100 relativ klein.

In Bild 26 ist eine andere Schaltungsvariante für das Antennenrelais dargestellt. Hier wird das Bandkabel gleichzeitig als Erregerstromkreis für das Antennenrelais ausgenutzt. Die im Bandkabel eingeschalteten Kondensatoren sperren die Gleichspannung und lassen das HF-Signal ungehindert durch. Die Drosseln (30 Wdg. Cu-Litze oder -Draht reichen völlig aus) sperren der HF den Weg zum Relais und zur Spannungsquelle, setzen aber dem Erregerstromkreis des Relais nur geringen Widerstand entgegen. Die Drosseln sollten zur Vermeidung von Antennensignal-Verlusten in unmittelbarer Nähe des Bandkabels angebracht werden.

Eine weitere Besonderheit der Schaltung Bild 26: zwei Rückversicherungslampen, die über den dritten Umschaltekontakt des RH 100 gesteuert werden und dem Amateur eine Kontrolle über den Schaltzustand des Relais ermöglichen. Dieser Zusatz ist jedoch nicht unbedingt erforderlich. Zu seiner Realisierung werden zwei zusätzliche Schwachstromleitungen vom Relais zum Empfänger benötigt.

Eine ebenfalls mit der Bezeichnung „Antennenrelais" belegte Schaltung findet in Amateurfunkstationen (z. B. 2-m-Band) Verwendung. Ihre Aufgabe ist es, *eine* Antenne abwechselnd auf den Eingang des Empfängers und den Ausgang des Senders

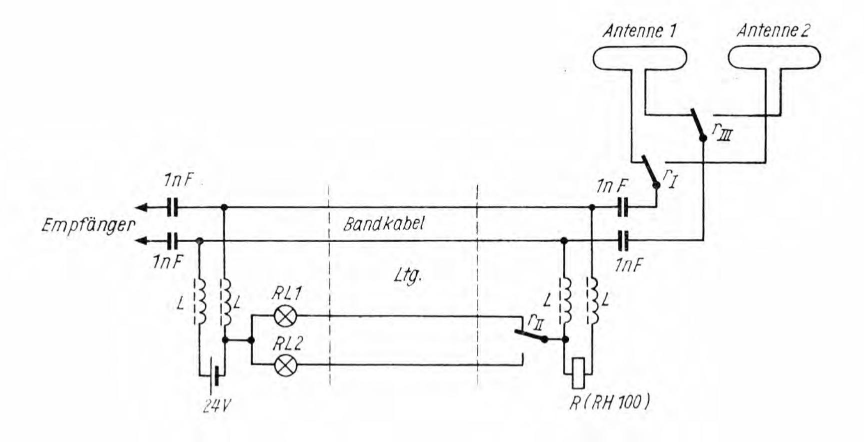


Bild 26 Antennenrelais mit Ausnutzung des Bandkabels zur Stromversorgung

zu legen. Die Verkabelung der Kontaktanschlüsse ist ähnlich der in den obenbeschriebenen Schaltungen. An die äußeren Kontaktfedern der beiden Umschaltekontakte werden die Bandkabel zum Sender und Empfänger gelegt, an die Mittelfedern die Antennenleitung. Das Relais bringt man zweckmäßig mit im Sender unter. Dadurch kann die Senderöhrenspannung, die erst im Augenblick des Sendens eingeschaltet wird, gleichzeitig der Erregung des Antennenrelais dienen (hohen Wicklungswiderstand der Relaiswicklung bzw. R_v beachten!).

3.1.3. Ruhekontakt

Ruhekontakte sind im Ruhezustand des Relais geschlossen. Entsprechend dieser Schaltcharakteristik eignen sie sich vorzüglich für den Einsatz in Alarm- und Sicherungsanlagen jeglicher Art. Bild 27 zeigt die Schaltung einer solchen Anlage, wie üblich im Ruhezustand. Im Betriebszustand ist das Relais

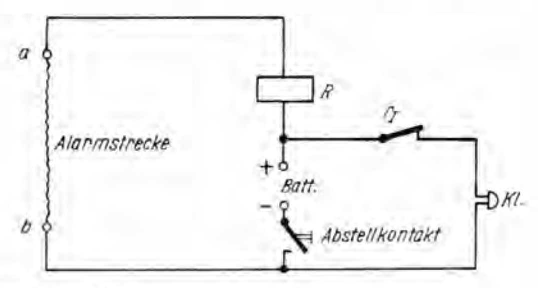


Bild 27 Raumschutzanlage

gezogen, sein Ruhekontakt r_I geöffnet. Zwischen den Punkten a und b kann hauchdünner, leicht reißbarer Draht gespannt sein, können sich aber auch mehrere in Reihe geschaltete Alarmkontakte, z. B. an Fenstern und Türen, befinden. Dringt ein Unbefugter in den auf diese Art gesicherten Raum ein, so

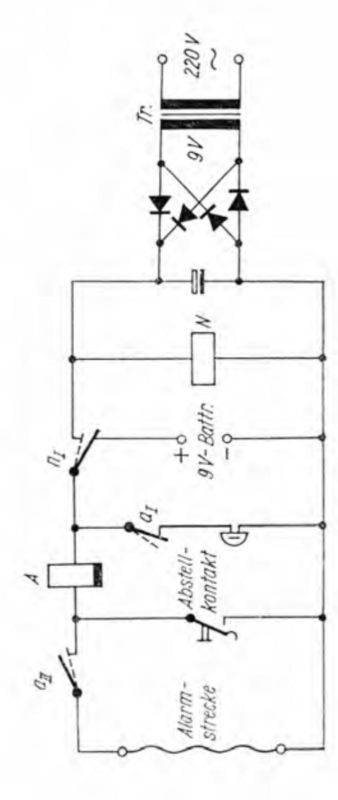


Bild 28 Raumschutzanlage mit erhöhter Sicherheit

trennt er entweder durch Zerreißen des dünnen Drahtes oder aber durch Öffnen eines der in Reihe geschalteten Alarmkontakte den Stromkreis für das Relais auf, das dadurch abfällt und mit seinem Ruhekontakt r_I den Signalkreis schließt. Eine Klingel o. ä. alarmiert den Verantwortlichen. Wichtig ist, daß Alarmstrecke und Abstellkontakt möglichst unsichtbar verlegt werden.

Der Vorteil einer solchen Anordnung besteht darin, daß nicht nur im Gefahrenfalle, sondern auch bei Störungen in der Anlage Alarm ausgelöst wird. Alarmanlagen mit Arbeitskontakten sind wirkungslos, sobald die Leitung durchschnitten oder durch schlechten Kontakt unterbrochen worden ist.

Einen Nachteil bildet der ständig fließende Ruhestrom. Alarmanlagen werden daher vorteilhaft über Klingeltrafo mit Gleichrichterteil betrieben, wodurch allerdings bei Netzausfall die Anlage außer Betrieb gesetzt wird. Eine erhöhte Sicherheit bietet in diesem Zusammenhang die in Bild 28 dargestellte Schaltung einer Raumschutzanlage, zu deren Realisierung man jedoch ein zusätzliches Relais benötigt. Die Speisung erfolgt über Netzteil, wobei das N-Relais (Notstromrelais) ständig erregt wird. Der Umschaltekontakt n_I liegt in der gestrichelt gezeichneten Stellung. Das Netzteil speist über den n_I-Kontakt die Alarmschleife, deren Wirkungsweise von Bild 27 her bekannt ist.

Bei Netzausfall fällt das N-Relais ab, und der n_I-Kontakt legt auf den Pluspol der Batterie (2 Flachbattr. je 4,5 V) um. Die Anlage arbeitet automatisch auf Batteriebetrieb, bis der Netzausfall behoben ist.

Eine zusätzliche Sicherheit bietet in dieser zweiten Schaltung der Arbeitskontakt a_{II}. Durch ihn wird eine dauernde Alarmgabe auch bei nur kurzzeitigen Unterbrechungen der Alarmschleife ermöglicht. Erst durch Schließen des außerhalb des geschützten Raumes getarnt angebrachten Abstellkontakts wird die Alarmgabe beendet.

Bei Ruhestromanlagen ergibt sich die Möglichkeit, nach Ziehen des Relais nur noch den Haltestrom fließen zu lassen. Besonders bei batteriebetriebenen Anlagen sollte man diese stromsparende Schaltung anwenden (s. 3.2.4.).

3.2. Einige Schaltungskniffe

Bei den nachfolgend beschriebenen Schaltungen handelt es sich um Details, die bei der Lösung vieler Schaltaufgaben von Nutzen sind bzw. elegantere Lösungen erlauben.

3.2.1. Verzögern von Relais

Grundsätzlich unterscheiden wir zwei Arten der Verzögerung. Die Anzugsverzögerung eines Relais ist die Zeit zwischen Einschalten der Erregerspannung und Betätigung der Kontakte. Dementsprechend stellt die Abfallverzögerung die Zeit zwischen Abschalten der Erregerspannung und Abfallen der Relaiskontakte dar. Auf Grund ihrer mechanischen Trägheit haben ausnahmslos alle Relais eine bestimmte Verzögerung. Diese konstruktiv bedingten Ansprech- und Abfallzeiten liegen bei Rund- und Flachrelais in der Größenordnung von 5 bis 25 ms.

Wie man einerseits bestimmte Relaistypen mit sehr kleinen Schaltzeiten benötigt (z. B. Telegrafenrelais), so braucht man andererseits bei bestimmten Schaltaufgaben auch Relais mit starker Verzögerung (z. B. Thermorelais).

In gewissen Grenzen lassen sich durch bestimmte Methoden auch Änderungen der Anzugs- und Abfallzeiten von normalen Rund- und Flachrelais erreichen. Die Anwendung solcher Methoden wird z. B. in Schaltungen notwendig, wo mehrere Relais gleichzeitig Ansprecherregung erhalten (ihrer Schaltaufgabe gemäß aber zeitlich unterschiedlich ziehen müssen), oder in periodisch arbeitenden Schaltungen zur Beeinflussung der Schaltfrequenz.

Die Mehrzahl der Verzögerungsmethoden hat gleichzeitig Einfluß auf Anzugs- und Abfallverzögerung. Nachfolgend die gebräuchlichsten Methoden:

Veränderung der Stärke von Klebstiften bzw. -blechen — Dünnere Klebbleche bzw. -stifte führen zu größeren Abfallzeiten, da das remanente Haften des Ankers nach Aufhören der Erregung verlängert wird. Die Ansprechzeit des Relais bleibt im wesentlichen unverändert.

Kupfermantel bzw. -wicklung um den Relaiskern — Um den Spulenkern wird ein Kupfermantel aus Blech oder blankem Draht gelegt. Je dicker der Kupfermantel, um so größer die Schaltzeiten.

1 mm Kupfermantel etwa 200 ms Abfallverzögerung
2 mm Kupfermantel etwa 300 ms Abfallverzögerung
3 mm Kupfermantel etwa 400 ms Abfallverzögerung

(Die genannten Abfallzeiten gelten für Relais mit einem Kontaktsatz.)

Größtmögliche Verzögerungen bei Anwendung dieser Methode sind 400 ms Abfallzeit und 60 ms Ansprechzeit.

Windungszahl des Relais — Ein Relais mit wenigen Windungen spricht schneller an als eines mit vielen Windungen, auch wenn die magnetische Durchflutung (Amperewindungszahl) beider Relais gleich ist. Im Einschaltmoment wirkt die Selbstinduktion in der Relaiswicklung der Erregung entgegen (hohe Windungszahlen – große Selbstinduktion). Hier bietet sich also eine Möglichkeit, die Ansprechzeit des Relais zu beeinflussen. Von zwei Relais mit verschiedenen Windungszahlen zieht in Reihenschaltung das mit der größeren, in Parallelschaltung das mit der kleineren Windungszahl früher an.

Amperewindungszahl des Relais — Hohe Amperewindungszahlen führen zu kleinen, geringe Amperewindungszahlen zu größeren Schaltzeiten. Bei Anwendung dieser Methode muß aber unbedingt beachtet werden, daß der notwendige Anzugsstrom für das Relais nicht unterschritten wird.

Kurzschließen der Erregerwicklung — Entsprechend Bild 29a schließt der die Erregung unterbrechende Schalter bzw. Kontakt gleichzeitig die Erregerwicklung des A-Relais kurz. Durch die Induktivität der Wicklung entstehen Abfallverzögerungen bis zu 100 ms. Das gleiche Prinzip liegt der in Bild 29b dargestellten Schaltung zugrunde. Je kleiner der Widerstand, um so größer die Abfallverzögerung (erreichbare Verzögerung etwa 80 ms). Man sollte also den Widerstand unter Beachtung der zusätzlichen Belastung der Stromquelle möglichst klein wählen.

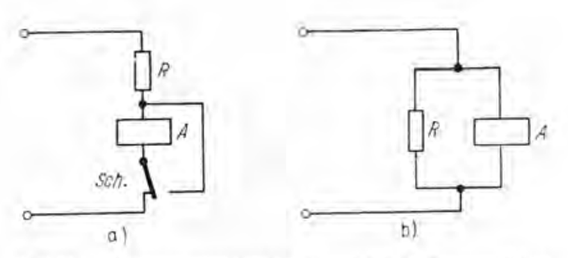


Bild 29 Abfallverzögerung durch a) Kurzschluß der Erregerwicklung, b) parallelgeschalteten Widerstand

Gegeneinandergeschaltete Wicklungen (Differentialrelais) — Bei gegeneinandergeschalteten Wicklungen wirkt die Differenz der Amperewindungszahlen beider Wicklungen. Neben anderen Anwendungsmöglichkeiten können solche „Differentialrelais" für Anzugsverzögerungen bis zu 60 ms verwendet werden (Näheres s. unter 3.2.3.).

Kurzgeschlossene Zweitwicklung — Das Kurzschließen einer Zweitwicklung entsprechend Bild 30 führt zu Anzugsverzögerungen bis zu 200 ms. Legt man an Stelle des Kurzschlusses ein Potentiometer an die Anschlüsse der Zweitwicklung, so lassen sich diese Verzögerungen stufenlos regeln. Die Methode wird daher gern in Polwechslern zur Regulierung der Schaltfrequenz angewendet.

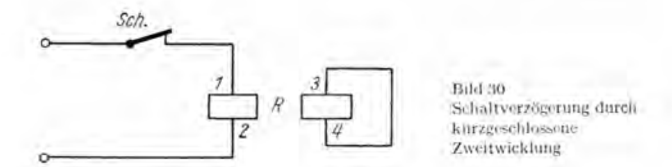


Bild 30 Schaltverzögerung durch kurzgeschlossene Zweitwicklung

Parallelgeschalteter Kondensator — Ein entsprechend Bild 31a parallel zur Wicklung geschalteter Elektrolytkondensator lädt sich bei angelegter Erregerspannung auf. Wird jetzt die Erregung unterbrochen, so entlädt sich der Kondensator über die Relaiswicklung. Das Relais hält sich bis zur fast völligen Entladung des Elkos.

Die auf diese Art entstandene Abfallverzögerung ist abhängig von dem Widerstand der Erregerwicklung und der Kapazität des Kondensators. Je größer Widerstand und Kapazität, um so länger die Abfallzeit des Relais.

Mathematisch ergibt sich eine Abfallverzögerung von

$$t_{Abfall} = C \cdot R_r \cdot \ln \frac{U_a}{U_h};$$

t_{Abfall} in s, R_r – Widerstand der Relaiswicklung, U_a – Anzugsspannung des Relais, U_h – Haltespannung des Relais.

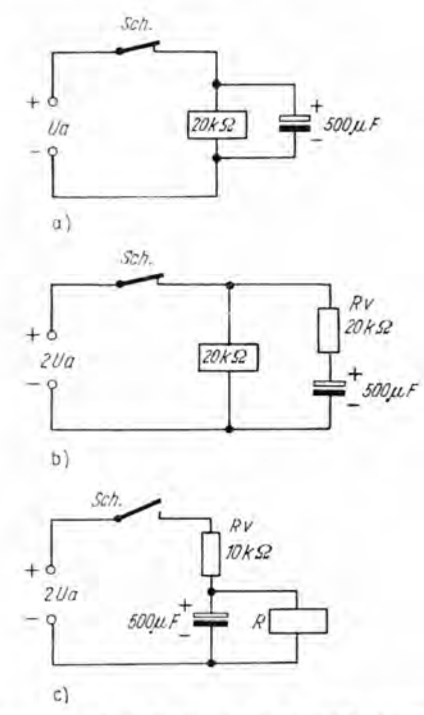


Bild 31 a) starke Abfallverzögerung durch Kondensator, b) zusätzliche Abfallverzögerung durch Reihenschaltung Kondensator—Widerstand

Da sich entsprechend der Betriebswerte der meisten Relais das Verhältnis $\frac{U_a}{U_h} \approx 2{,}5 \ldots 3 \approx e$ ergibt, ist die nachfolgende Näherung erlaubt:

$$t_{Abfall} \approx C \cdot R_r \,;$$

t_{Abfall} in s.

In unserem Beispiel Bild 31a ergibt sich also eine Abfallverzögerung $t_{Abfall} \approx 500 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^3 = 10$ s.

Bei Einhaltung der maximal zulässigen Spulenbelastung läßt sich mit der in Bild 31b dargestellten Schaltung die Abfallverzögerung des Relais weiter erhöhen. Eine x-fache Erhöhung der Abfallzeit gegenüber der Schaltung Bild 31a verlangt eine Steigerung der Betriebsspannung $U_b = x \cdot U_a$ und die Einschaltung eines Vorwiderstands $R_v = (x - 1)\, R_r$. In unserem Beispiel Bild 31b ergibt sich also eine Abfallverzögerung von $t_{Abfall} \approx 2 \cdot C \cdot R_r = 20$ s, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß die Betriebsspannung zweimal so hoch ist wie die Anzugsspannung des Relais.

RC-Glied — Anzugsverzögerungen sind relativ schwer zu verwirklichen. In diesem Sinne stellt die in Bild 31c wiedergegebene Schaltungsanordnung eine recht günstige und einfache Lösung dar. Bei Stromfluß wird der Elko über den Widerstand verzögert aufgeladen; dann erst zieht das Relais. Bei Wegfall der Erregung verursacht der parallelgeschaltete und jetzt aufgeladene Kondensator eine Abfallverzögerung. Die Bemessung der Betriebsspannung erfolgt nach der Formel

$$U_b = U_a \left(\frac{R_v}{R_r} + 1 \right) ;$$

U_b in V.

Mit den in Bild 31c genannten Werten der Anzugs- und Abfallverzögerungen von etwa 5 s ergeben sich Ansprech- und Abfallzeiten von etwa 5 s.

Zweitwicklung mit Kondensator — Bei entsprechender Bemessung der in Bild 32 dargestellten Schaltung kann das R-Relais

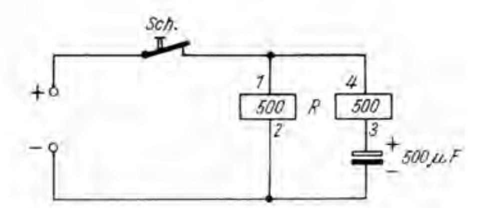


Bild 32 Relaisschaltung mit extrem hoher Ansprech- und Abfallverzögerung

bis zu 10 s ansprech- und bis zu 20 s abfallverzögert werden. Der Bastler wird diese Schaltung also dort einsetzen, wo extrem hohe Schaltzeiten erforderlich sind (z. B. Blinklichtgeber.) Nach Betätigen des Schalters fließt — bis der Elko aufgeladen ist — in beiden Wicklungen des Relais (entgegengesetzten Wicklungssinn beachten!) entgegengesetzter Strom. Sind die Amperewindungszahlen beider Wicklungen gleich oder annähernd gleich, dann heben sich die magnetischen Kräfte auf. Erst nachdem der Kondensator geladen ist, zieht das Relais über die Wicklung 1—2. Die Ansprechzeit entspricht etwa dem Produkt aus Kapazität des Elkos und Widerstand der Wicklung 3—4 (in unserem Beispiel etwa 250 ms). Nach Abschalten der Erregerspannung entlädt sich der Elko über beide Wicklungen. Die Abfallzeit entspricht etwa dem Produkt aus Kapazität und Summe beider Wicklungswiderstände (in unserem Beispiel etwa 500 ms).

Dieses Verhalten des Relais resultiert daraus, daß für die Spannungsquelle die Relaiswicklungen entgegengesetzten, für den Elko jedoch gleichen Wicklungssinn haben.

3.2.2. Relais im Wechselstromkreis

Für alle Ruhestromanlagen bzw. periodisch arbeitenden Relaisschaltungen, im weitesten Sinne also für sämtliche stationären Anlagen, wird man wegen des relativ hohen Stromverbrauchs der Relais bestrebt sein, die Stromversorgung über Netzteil sicherzustellen. Für Wechselstromspeisung sind jedoch lediglich die bereits beschriebenen Wechselstromphasen- und Thermorelais geeignet. Beschickt man ein Rund- bzw.

Flachrelais mit Wechselstrom, so „flattert" der Anker im Rhythmus der Frequenz des Wechselstroms. Neben der üblichen gebräuchlichen Gleichspannungserzeugung mit Trafo, Graetz-Gleichrichter und Siebteil gibt es einige weniger bekannte Methoden der Beschaltung von Relais in Wechselstromkreisen:

Relais mit Masseanker — Bei dieser heute kaum noch verwendeten Methode wird dem Anker des Relais durch größere Masse eine mechanische Trägheit gegeben, die das Flattern des Relais verhindert.

Einweggleichrichtung (Bild 33a) — Das Relais wird durch Parallelschaltung eines Kondensators (Bild 31a) abfallver-

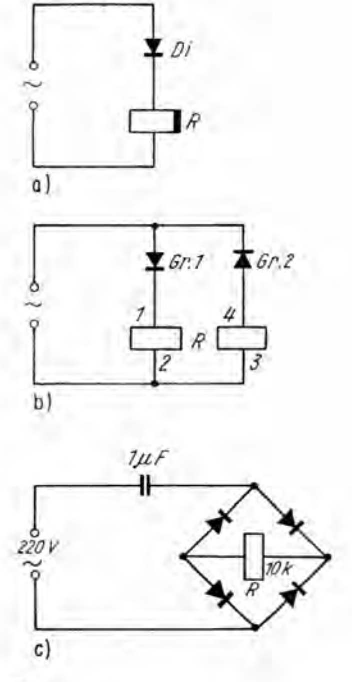


Bild 33
Wechselstromrelais;
a) Einweggleichrichtung,
b) Zweiweggleichrichtung,
c) Graetz-Schaltung

zögert (bei 50 Hz bis zu 30 ms) und vermag deshalb, seinen Anker während der Zeit zwischen zwei gleichgerichteten Halbwellen der Wechselspannung sicher zu halten.

Zweiweggleichrichtung (Bild 33b) — Durch die Gegeneinanderschaltung beider Wicklungen des R-Relais wirkt während der beiden Halbwellen einer Phase gleiche elektromagnetische Kraft auf den Anker. Zur Vermeidung des Ankerklirrens wird auch in diesem Fall die Parallelschaltung von Kondensatoren zu den Relaiswicklungen empfohlen.

Graetz-Schaltung (Bild 33c) — Das Prinzip dieser Schaltung dürfte bekannt sein. Interessant ist lediglich die Reihenschaltung eines Kondensators mit dem Ziel, die Spannung für das Relais zu mindern. Die Anwendung eines solchen unbelasteten Spannungsteilers — bestehend aus Kondensator und Relaiswicklung — ist gerade bei direkt am Netz liegenden Relais oft, sehr vorteilhaft (Vermeidung des Ankerklirrens s. oben).

Zum besseren Verständnis nun noch einige Anwendungsmöglichkeiten für solche „Wechselstromrelais“:

Notstromrelais für Netzausfall (Bild 34a) — Bei Netzausfall schließt der Ruhekontakt r_1 durch Abfallen des R-Relais den Stromkreis für die Notstromverbraucher. Aus Kino und Theater sind solche Anlagen bestimmt jedem bekannt.

Alarmschaltung bei Sicherungsausfall (Bild 34b) — Wenn die Sicherung durchbrennt, wird gleichzeitig der Kurzschluß für die Wicklung des R-Relais beseitigt. Das R-Relais zieht und sein Arbeitskontakt schließt den Stromkreis für einen Alarmwecker.

Unterdrückung der Einschaltstromspitze (Bild 34c) — Bei Transformatoren größerer Leistung entsteht im Augenblick des Einschaltens der Primärspannung ein sehr hoher Einschaltstromstoß, besonders dann, wenn im Einschaltmoment der momentane Spannungswert nahe dem Halbwellenmaximum der sinusförmigen Wechselspannung liegt. Solchen Überbeanspruchungen zeigt sich die Netzsicherung oft nicht gewachsen. Bei der in Bild 34c dargestellten Schaltung liegt die Netzspannung anfangs über einen Widerstand (20 bis 30 Ω

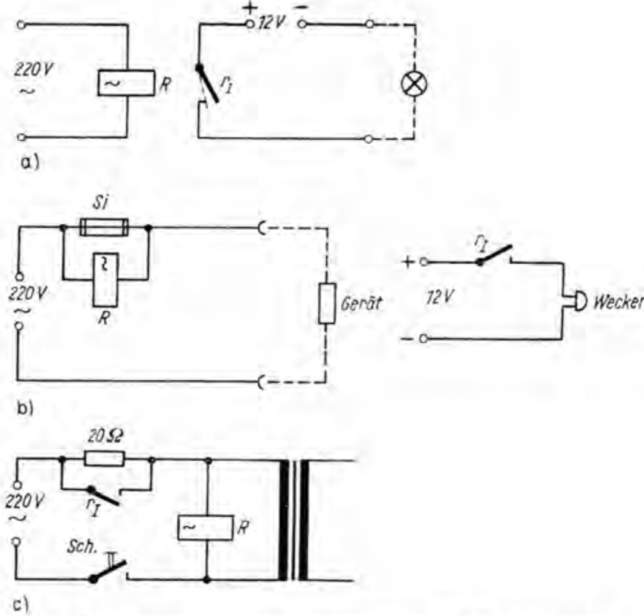


Bild 34 Praktische Anwendung von Wechselstromrelais; a) Notstromschaltung, b) Alarm bei defekter Sicherung, c) Unterdrückung der Einschaltstromspitze bei Netztransformatoren

10 bis 20 W) an der Primärwicklung. Dieser Widerstand begrenzt den Anfangsstromstoß auf ≦ 10 A. Wenn das R-Relais nach 20 bis 30 ms zieht, ist der durch Eisenverluste und Verbraucher bedingte Einschaltstromstoß bereits überwunden.

3.2.3. Differentialschaltung

Grundsätzlich lassen sich nur Relais mit mindestens zwei Wicklungen in Differentialschaltungen verwenden (in der Regel also Telegrafenrelais, Flachrelais, seltener mittlere Rundrelais).

Entsprechend Bild 35 sind beide Wicklungen gegeneinandergeschaltet. Bei Stromfluß in beiden Relaiswicklungen ist die

auf den Anker wirkende magnetische Kraft gleich der Differenz der von beiden Teilwicklungen erzeugten magnetischen Kräfte. Je nach Schaltaufgabe kann mit einer oder, wie in Bild 35 dargestellt, mit zwei Stromquellen gearbeitet werden.

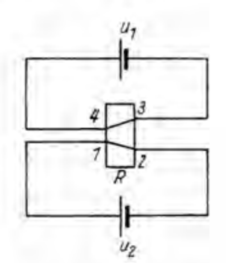


Bild 35
Prinzipschaltung des Differentialrelais

Die Vielzahl der praktischen Anwendungsmöglichkeiten läßt sich grob wie folgt untergliedern:

— *Die Differenz der Amperewindungszahlen ist so groß, daß der Anker mit Sicherheit zieht;* Anwendung: Anzugsverzögerung bis zu 60 ms. (Bedingung: gleichzeitige Erregung beider Wicklungen.)

— *Die Differenz der Amperewindungszahlen ist gerade so groß, daß der Anker nicht zieht, jedoch im gezogenen Zustand gehalten wird.* Diese Schaltung wird dort eingesetzt, wo das Ziehen, Halten bzw. Abfallen eines Relais von mehreren, voneinander unabhängigen Stromkreisen abhängig gemacht werden soll.

— *Beide Amperewindungszahlen sind gleich groß. Werden beide Wicklungen von Strom durchflossen, so heben sich die magnetischen Kräfte gegenseitig auf.* Jede magnetische Kraft für sich allein reicht jedoch aus, den Anker des Relais sicher zu ziehen. Eine solche Bemessung der Teilströme führt zu recht guten Lösungen, wenn die Schalttätigkeit des Relais von zwei, meist voneinander unabhängigen Bedingungen abhängig gemacht wird. Das Relais zieht, wenn jeweils eine der Bedingungen gegeben ist, und fällt ab, wenn keine zutrifft bzw. beide gegeben sind.

Diese Schaltcharakteristik ist typisch für eine der bei kybernetischen Aufgabenstellungen und in der Rechentechnik verwendeten „logischen Schaltungen", für das „Oder-Gatter". Gerade mit der Kybernetik eröffnen sich neue interessante Anwendungsgebiete für das Relais.

3.2.4. Stromsparende Schaltung

In batteriebetriebenen Anlagen stellt das Relais, wenn es entsprechend seiner Schaltaufgabe längere Zeit ziehen muß, eine relativ große Belastung für die Batterie dar. Bei transportablen Geräten bzw. bei Funkfernsteuerung von Modellen tritt diese Frage besonders in den Vordergrund, da aus Raum- und Gewichtsgründen meist auf Stromquellen größerer Kapazität verzichtet werden muß. In solchen Fällen bieten die in Bild 36 dargestellten Schaltungen willkommene Gelegenheit, Strom zu sparen. Beide basieren in ihrer Wirkungsweise auf der bereits bekannten Tatsache, daß zum Halten des Relais weit weniger Strom benötigt wird als zum Anziehen.

Reihenschaltung Relais – Widerstand (Bild 36a) — Im Ruhezustand überbrückt ein Ruhekontakt des Relais den Widerstand. Nach Betätigung des Schalters liegt die volle Spannung am Relais, das damit den notwendigen Anzugsstrom erhält. Mit Anziehen des Ankers jedoch öffnet der r_I-Kontakt und legt den Widerstand in Reihe mit der Relaiswicklung. Der Widerstand muß so bemessen sein, daß das Relais nur noch den unbedingt notwendigen Haltestrom erhält. In der Praxis kann der Vorwiderstand bei Rundrelais so groß wie der Wicklungswiderstand, bei Flachrelais doppelt so groß bemessen werden.

Reihenschaltung einer Zweitwicklung (Bild 36b) — An Stelle des Widerstands wird im Augenblick des Ziehens eine zweite Wicklung des Relais in Reihe geschaltet. Da die gesamte Energie weiterhin auf die Relaiswicklungen wirkt, ist diese Methode weit vorteilhafter als die zuvor beschriebene, bei der die Hälfte der Leistung am Widerstand verlorengeht.

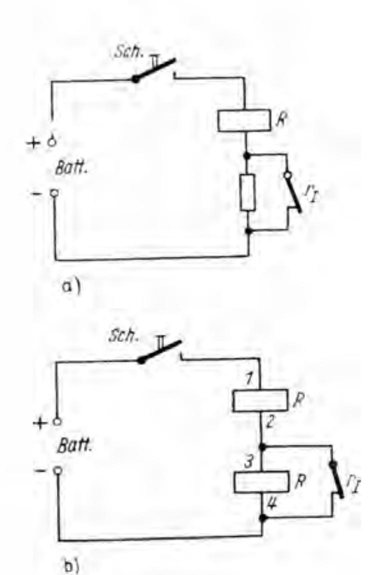


Bild 36
Stromsparende Schaltung für batteriegespeiste Anlagen

Da die Wicklungskörper der Relais nur eine begrenzte Anzahl von Windungen aufnehmen können, ist es leider nicht möglich, den Strom nach Ziehen des Relais unbegrenzt kleinzuhalten. Praktisch kann der Strom bis zu einem Zwanzigstel des Ansprechstroms reduziert werden. Viele Flachrelaistypen und einige mittlere Rundrelais sind mit entsprechend hochohmigen Zweitwicklungen ausgestattet.

3.3. Relaispolwechsler

Relaispolwechsler bzw. Unterbrecher finden überall dort Anwendung, wo Stromimpulse oder Kontaktbetätigungen in bestimmter zeitlicher Reihenfolge gewünscht werden. Ihre Anwendung erstreckt sich, je nach der Frequenz der Stromimpulse, vom Blinklichtgeber bis zur Erzeugung transformierbarer Wechselspannungen.

3.3.1. Relaispolwechsler mit einem Relais

Das R-Relais hat zwei möglichst gleichohmige Wicklungen. Wird der Schalter (Sch.) betätigt, so durchfließt der Strom beide Wicklungen bis zur fast völligen Aufladung des Kondensators. Erst dann zieht das Relais über die Wicklung 1—2. Ein Ruhekontakt des Relais (r_I) trennt die Betriebsspannung ab. Von diesem Augenblick an entlädt sich der Kondensator über beide Wicklungen. Das Relais fällt nach einer gewissen Zeit ab. Damit liegt aber über den nun wieder geschlossenen r_I-Kontakt wieder Erregerspannung am Relais, und der gesamte Vorgang beginnt von neuem.

Das Relais führt bis zum Abschalten der Betriebsspannung periodische Kontaktbetätigungen aus, deren Frequenz durch Kapazität des Kondensators und Wicklungswiderstand der Relaiswicklungen bestimmt wird (s. auch 3.2.1. Verzögerung durch Zweitwicklung mit Kondensator).

Die in Bild 37 angegebene Bemessung der Bauelemente ergibt eine Schaltfrequenz von etwa 1 Hz, wobei die Zeit des Anker-

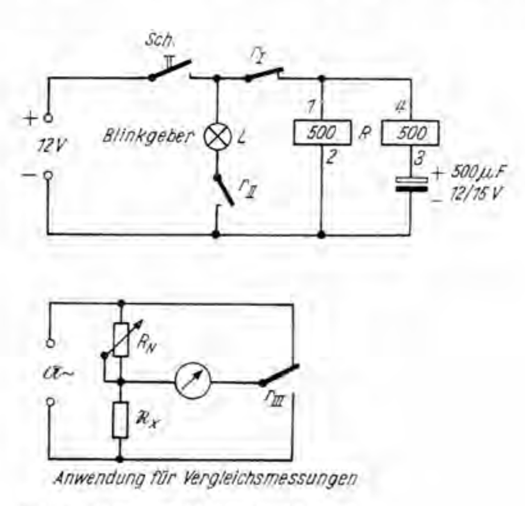


Bild 37 Relaispolwechsler mit einem Relais

anzugs etwa doppelt so lang wie die des Abfalls ist. Bei anders dimensionierten Bauelementen sind mit dieser Schaltung Schaltfrequenzen von etwa 5 Hz bis zu 0,04 Hz erreichbar. Für mehr als 5 Hz sollte man diese Schaltung nicht auslegen, da der Anker dann zum Flattern neigt.

Solche Langsamunterbrecher können zur Stromversorgung periodisch zu betätigender Verbraucher aller Art benutzt werden. Eine spezielle Anwendung ist der Blinklichtgeber, wie er in Kraftfahrzeugen bzw. zur Signalisierung eines bestimmten Zustands in elektrischen und mechanischen Anlagen überall Einsatz findet. Sie arbeiten überdies sicherer und sind langlebiger als die handelsüblichen Blinklichtgeber für Krafträder.

Eine andere interessante Anwendung, die Möglichkeit der einfacheren Durchführung von Vergleichsmessungen, ist in Bild 37 prinzipiell dargestellt. Vergleichsmessungen sind etwas ungenauer als Brückenmessungen. Dafür sind sie leichter, billiger und schneller aufzubauen, und die Messungen lassen sich einfacher und in kürzerer Zeit durchführen. In der Regel vergleicht man die unbekannte Größe mit einer veränderbaren bekannten Größe. Es soll z. B. der Betrag eines Scheinwiderstands R_x gesucht werden. Der unbekannte Scheinwiderstand wird in Reihe mit einem reellen veränderlichen Widerstand R_n geschaltet. Sind in dieser Reihenschaltung die beiden Teilspannungen gleich groß, so ist, wie man leicht aus dem Vektordiagramm erkennen kann, der Betrag des unbekannten Widerstands gleich dem Widerstandswert des R_n. Wird das Instrument vor der Messung auf Vollausschlag geeicht, so kann man aus der Zeigerstellung des Reglers R_n im Zustand $U_{R_n} = U_{R_x}$ auch die Phasenverschiebung des R_x ablesen. In ähnlicher Art lassen sich Frequenzmessungen durchführen. Damit das ständige mannelle Umschalten des Meßinstruments auf die beiden Vergleichsgrößen vermieden wird, setzt man als periodischen Umschalter vorteilhaft den obenbeschriebenen Langsamunterbrecher ein (günstige Schaltfrequenz etwa 1 bis 2 Hz; bei trägen Meßinstrumenten weniger).

3.3.2. Relaispolwechsler mit zwei Relais

Die in Bild 38 dargestellte Relaispolwechslerschaltung arbeitet mit einer Eingangs-Gleichspannung von 6 V und gibt je nach Übersetzungsverhältnis des Transformators eine Ausgangswechselspannung von 20 bis 100 V mit einer Frequenz von etwa 20 bis 25 Hz ab. In der Versuchsschaltung fanden zwei mittlere Rundrelais BV-Nr. 4722:30–554 Verwendung.

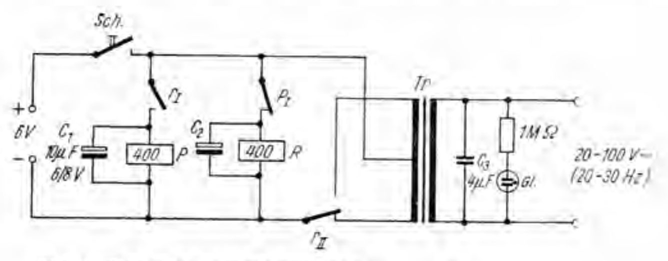


Bild 38 Relaispolwechsler mit zwei Relais

Solche Schaltungen (in älteren Fernsprechanlagen zur Erzeugung der Rufwechselspannung verwendet) bilden eine bequeme Möglichkeit, geringe Gleichspannungen in transformierbare Wechselspannungen umzuformen. Ohne Ausgangstrafo eignen sie sich zum schrittweisen Schalten von Drehwählern.

Zur Wirkungsweise des Relaispolwechslers: Nach Betätigung des Schalters bekommt das R-Relais über den p_I-Kontakt Erregung. Der r_I-Kontakt bringt das P-Relais zum Ansprechen. Der p_I-Kontakt öffnet und läßt das R-Relais verzögert (C_2) abfallen. Der r_I-Kontakt öffnet, wodurch das P-Relais verzögert (C_1) abfällt. Der gesamte Vorgang wiederholt sich periodisch. Die Schaltfrequenz ist von der Dimensionierung der Elkos C_1 und C_2 abhängig.

Der rhythmisch arbeitende r_{II}-Kontakt legt den Minuspol der Gleichspannung abwechselnd auf Anfang und Ende der Primärwicklung des Trafos. Da am Mittelabgriff dieser Wicklung

der Pluspol der Batterie liegt, erfolgt im Transformator eine dauernde Änderung der Richtung des magnetischen Flusses. In der Sekundärwicklung wird eine Wechselspannung induziert, deren Höhe durch das Übersetzungsverhältnis des Trafos bestimmt ist. Der Kondensator C_3 glättet die entstehenden Schaltspitzen. Kontrollmöglichkeit ist durch Einschalten einer Glimmlampe gegeben (Zündspannung beachten!). An Stelle der Elkos C_1 und C_2 kann auch eine andere Möglichkeit der Abfallverzögerung gewählt werden:

Zweckmäßig ist der Einsatz von Relais mit Zweitwicklungen, die über Potentiometer (0 bis 40 Ω) annähernd kurzgeschlossen werden. Durch Verstellen dieser Potentiometer kann die Schaltfrequenz des Relaispolwechslers in bestimmten Grenzen stufenlos geregelt werden.

Betreibt man die Schaltung mit Thermorelais und ohne nachgesetzten Transformator, so ergibt sich eine Schaltfrequenz von 0,5 Hz bis zu 0,05 Hz (verwendbar für Blinklichtgeber u. a.).

Bei der Schaltung Bild 38 wurden alle Entstörungsmaßnahmen der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß periodisch arbeitende Relaisschaltungen erhebliche Funkstörungen hervorrufen können, so daß auf den zusätzlichen Einbau von Entstörkondensatoren parallel zu den Kontakten (gemäß Bild 19) meist nicht verzichtet werden darf.

3.3.3. Wechselrichter mit Telegrafenrelais

Entsprechend der größeren Schaltgeschwindigkeit von Telegrafenrelais ergeben sich bei ihrem Einsatz in Polwechslerschaltungen auch höhere Frequenzen. Die in Bild 39 dargestellte Schaltung, ausgelegt für das Telegrafenrelais 0373.001 – 51218, formt die 12-V-Gleichspannung in eine Wechselspannung (etwa 150 Hz) um. Je nach Übersetzungsverhältnis des nachgesetzten Trafos wird die Ausgangsspannung 20 bis 100 V betragen.

Die Frequenz ist in geringen Grenzen variierbar, indem der Kondensator C_1 anders dimensioniert bzw. der Ankerweg des

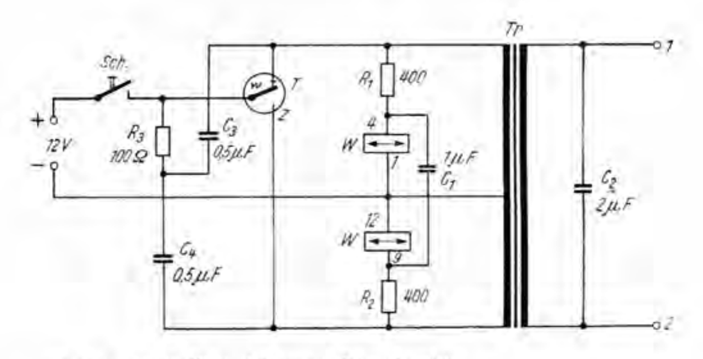


Bild 39 150-Hz-Wechselrichter mit Telegrafenrelais

Telegrafenrelais verändert wird. Die RC-Kombination R_3, C_3 und C_4 dient der Entstörung, der Kondensator C_2 wiederum der Bedämpfung der Schaltspitzen.

3.4. Periodisch arbeitende Relaisschaltungen

3.4.1. Periodisch arbeitende Relaisschaltung mit mehreren Relais

Die in Bild 40 dargestellte Schaltung kann äußerst vielfältig eingesetzt werden, z. B. zu Reklamezwecken, als Pausenzeichengeber, in Modelleisenbahnen u. ä. Nach Betätigung des Schalters (Sch.) wird über den x_I-Kontakt das A-Relais erregt; der damit schließende a_I-Kontakt bringt das B-Relais, der b_I-Kontakt das C-Relais usw. Die Anzahl der Relais ist beliebig. Das letzte Relais, in unserem Falle das X-Relais, trennt mit seinem Ruhekontakt die Erregung für das A-Relais ab. Mit der durch die Kapazität der Elkos gegebenen Verzögerung fallen nacheinander alle Relais wieder ab. Da am Schluß der Ruhekontakt des letzten Relais die Erregerspannung wieder an das erste legt, ergibt sich eine ständige Wiederholung des gesamten Vorgangs.

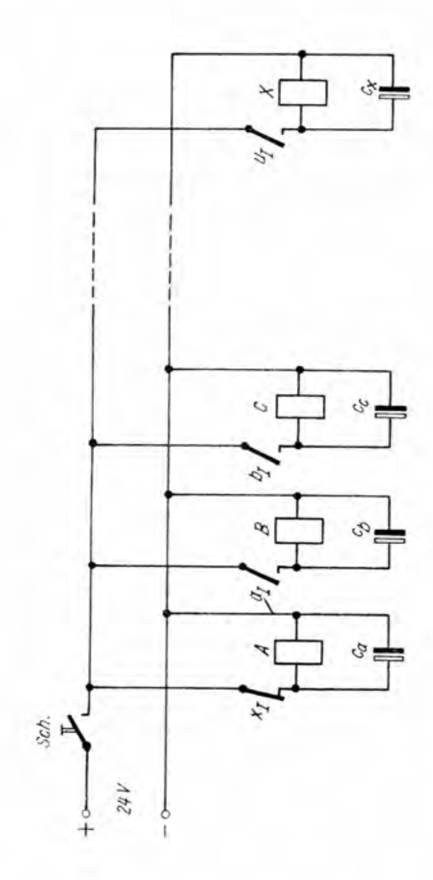


Bild 40 Periodisch arbeitende Relaisschaltung mit mehreren Relais

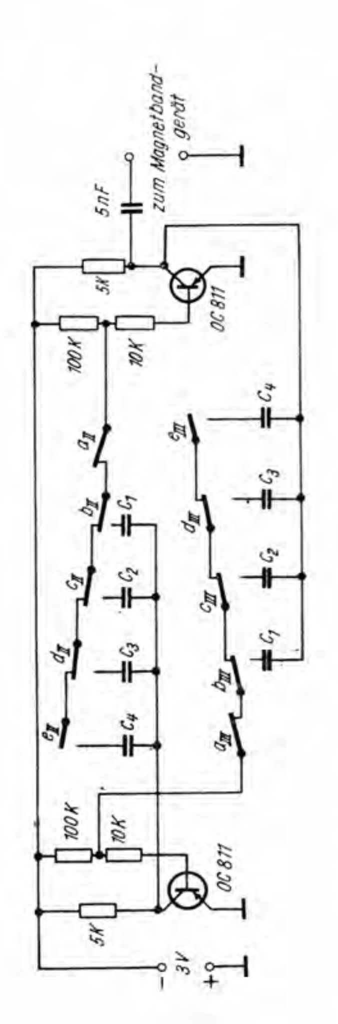


Bild 41 Anwendung als Pausenzeichengeber

Zugunsten der Verzögerungszeiten sollte man Relais mit möglichst hohen Wicklungswiderständen wählen. Beim Versuchsaufbau wurden mittlere Rundrelais BV-Nr. 4722:30–89 (Wicklungswiderstand 2,3 kΩ) eingesetzt. Vorteilhaft lassen sich auch Flachrelais verwenden, die vielfach relativ hohe Wicklungswiderstände aufweisen. Wenn man, wie es zweckmäßig ist, die gesamte Schaltung mit dem gleichen Relaistyp bestückt, werden die notwendigen, eventuell unterschiedlichen Verzögerungszeiten durch entsprechende Bemessung der Elkos C_a bis C_x erreicht. Möglich sind Verzögerungen bis zu 20 s.

Je nach Verwendungszweck können die restlichen Kontakte der Relais zu den unterschiedlichsten Kontaktkombinationen zusammengeschaltet werden. Ein Beispiel dafür ist die in Bild 41 dargestellte Schaltung eines Pausenzeichengebers für den Magnetbandamateur. An Stelle des x_I-Kontaktes in Bild 40 wird eine Taste eingebaut, bei deren Betätigung die Relais anziehen. Nach Loslassen der Taste fallen die Relais nacheinander ab. Durch Wegfall des x_I-Kontaktes vollzieht sich dieser Vorgang nach jedem Drücken der Taste nur einmal. Die Relaiskontakte legen verschiedene Kapazitäten in die frequenzbestimmenden Wege eines Multivibrators, der dadurch im Rhythmus des Abfallens der Relais Signale verschiedener Frequenz an den Eingang des Magnetbandverstärkers gibt.

Bei geeigneter Bemessung der Kondensatoren und genügender Anzahl parallelgeschalteter Relais lassen sich auf diese Art Melodien erzeugen. Die Länge der Einzeltöne wird durch die Verzögerung der Relais festgelegt. Die Kontakte des A-Relais sind nicht mit Kondensatoren beschaltet, damit vor Loslassen der Taste noch kein Signal erzeugt wird. Die Betriebsspannung des Multivibrators kann über einen Vorwiderstand von der Stromversorgung der Relaisschaltung abgegriffen werden.

3.4.2. Relaisschaltung für extrem hohe Schaltzeiten

Die bisher beschriebenen Relaisverzögerungsschaltungen bringen selbst bei günstigster Bemessung der Bauelemente selten Verzögerungen über 30 s. Um längere Schaltzeiten zu

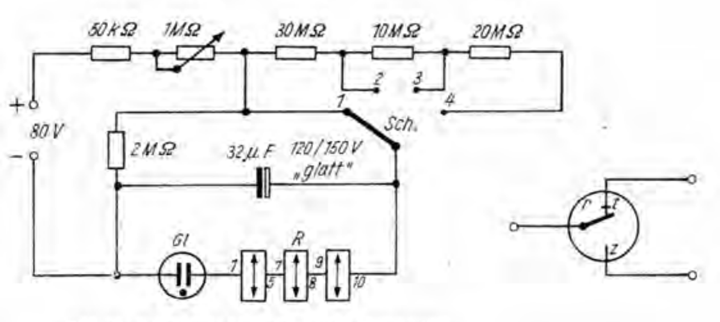


Bild 42 Schaltgerät für extrem hohe Schaltzeiten

erreichen, benutzt sogar die einschlägige Industrie komplizierte, von kleinen Elektromotoren betriebene Uhrwerke mit Auslösestellungen. Die nachfolgend beschriebene, in Bild 42 dargestellte Relaisschaltung, mit der sich Schaltverzögerungen bis zu einer Stunde erreichen lassen, wird daher sicher viele Freunde finden. Allerdings erfordert der Aufbau der Schaltung, deren Funktion weitestgehend von der Qualität verschiedener Bauelemente abhängt, bis zur endgültigen Festlegung einige Versuche.

Wirkungsweise — Über Vorwiderstände lädt sich der 32-μF-Elko langsam auf. Je nach Schalterstellung und damit je nach Höhe der vorgeschalteten Widerstände nimmt dieser Vorgang unterschiedliche Zeiten in Anspruch. Die parallel zum Elko geschaltete Glimmlampe zündet erst bei einer ganz bestimmten Spannung, d. h. bei einem ebenso bestimmten Ladezustand des Kondensators. Im Augenblick der Zündung wird das in Reihe mit der Glimmlampe liegende, empfindliche Relais von Strom durchflossen und gezogen. Nach Entladung des Elkos über die Glimmlampe beginnt der Vorgang von neuem.

Hinweise zum praktischen Aufbau — Die in Bild 42 dargestellte Schaltung ist für die handelsübliche Glimmlampe DGL 40 50 YV (Zündspannung 50 V) ausgelegt. Die Betriebsspannung (80 V) wird durch Anodenbatterie oder Netztrafo mit Gleichrichterteil sichergestellt. Bedingt durch den Isolationswiderstand des Elkos muß die Betriebsspannung in jedem

Fall etwa das 1,5fache der Glimmlampen-Zündspannung betragen.

Als Relais wurde für den Versuchsaufbau das äußerst empfindliche Telegrafenrelais 0377.002:53221 (Wicklungswiderstand 5 kΩ) gewählt. Dieser Relaistyp hat Ankerruhelage auf Trennseite, d. h., der Anker kehrt nach der Glimmentladung wieder in seine alte Stellung zurück. Der durch den Kontakt angesteuerte Verbraucher erhält also bei jeder Entladung nur einen kurzen Stromimpuls (verwendbar für Zeitrafferaufnahmen bei Schmalfilmapparaten).

Für andere Schaltaufgaben können selbstverständlich auch Telegrafenrelais mit zweiseitiger Ruhelage verwendet werden.

Den Elko sollte man mit besonderer Sorgfalt auswählen. Von seinem Reststrom hängt es ab, ob die Glimmlampe bei den Schalterstellungen 3 und 4 noch die erforderliche Zündspannung bekommt. Diese Frage ist durch Versuch zu klären. Wenn nicht Platzmangel zur Verwendung eines Elkos zwingt, wird die Parallelschaltung mehrerer MP-Kondensatoren (z. B. 8×4 μF) empfohlen. (Elko-Reststrom ist inkonstant, da temperatur- und alterungsabhängig.)

Absolut genaue Schaltzeiten kann man von dieser an sich schon kritischen Schaltung nicht verlangen. Auch sie sind durch Versuch zu ermitteln. Für die beschriebene Schaltung ergeben sich etwa folgende Zeiten:

Schalterstellung 1	regelbar	von 0 bis 10 min
Schalterstellung 2		etwa 20 min
Schalterstellung 3		etwa 30 min
Schalterstellung 4		etwa 60 min

Im günstigsten Falle sind Schaltzeiten bis zu 3 Stunden erreichbar (bei höherer Betriebsspannung, größerer Kapazität und evtl. größeren Vorwiderständen).

Neben der bereits angedeuteten Anwendung als Schaltgerät für Zeitrafferaufnahmen gibt es noch zahlreiche andere Einsatzmöglichkeiten für diese Relaisschaltung. In Verbindung mit dem unter 3.5.2. beschriebenen Folgeschalter läßt sie sich auch als periodisch arbeitendes Schaltgerät für Netzspannungsverbraucher (z. B. Magnetbandgerät) einsetzen.

3.5. Relais und Fernsteuerung

3.5.1. Kunstschaltung über Gleichrichter

Bei der Steuerung von Verbrauchern über größere Entfernungen bekommt die Frage der Mehrfachausnutzung von Leitungen zunehmende Bedeutung. Sollen Netz- oder Starkstromverbraucher gesteuert werden, dann spielen zusätzlich Leitungsmaterial und Drahtquerschnitt eine wesentliche Rolle. Gerade auf diesem Gebiet leisten Relais wertvolle Dienste. Neben der bereits früher erwähnten Möglichkeit, Fernleitungen für Netz- und Starkstromverbraucher mit Schwachstrommaterial zu verkabeln, können mit Hilfe von Relais Leitungen mehrfach ausgenutzt werden. Ein Schaltungsbeispiel dafür ist in Bild 43 dargestellt.

Als Betriebsspannung wird für diese Schaltung 50-Hz-Wechselspannung verwendet. Die Amplitude der Betriebsspannung kann der Einweggleichrichtung wegen den 1,5fachen Wert der Anzugsspannung der Relais haben.

Liegt im Steuerteil der Schalter (Sch.) in Stellung 1, so ist im Relaisteil kein Relais gezogen, d. h., die Kontakte beider Re-

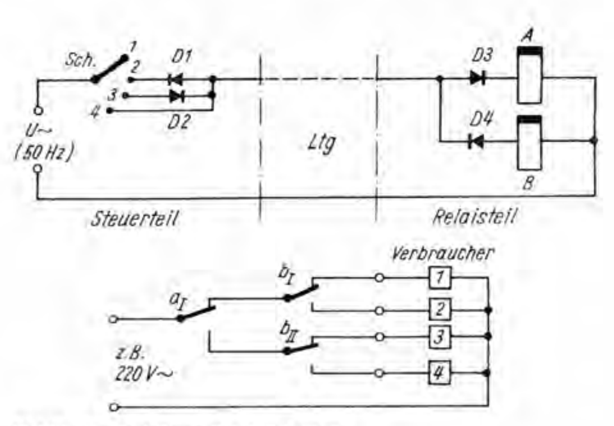


Bild 43 Kunstschaltung über Gleichrichter

lais befinden sich in Ruhestellung. Für diesen Fall bekommt also Verbraucher 1 Spannung. Bei Schalterstellung 2 läßt die Diode 1 nur eine Halbwelle der Steuerspannung durch. Im Relaisteil ist die Diode 4 in der gleichen Richtung geschaltet, so daß das B-Relais von Strom durchflossen wird und zieht. Über den in Ruhestellung verharrenden a_I-Kontakt und den gezogenen b_I-Kontakt bekommt Verbraucher 2 Spannung. Für die Schalterstellung 3 liegen die Verhältnisse genau umgekehrt. Die Dioden 2 und 3 lassen dieselbe Halbwelle durch, so daß das A-Relais zieht. Über den gezogenen a_I-Kontakt und den in Ruhestellung liegenden b_{II}-Kontakt bekommt Verbraucher 3 Spannung. Bei Schalterstellung 4 werden im Steuerteil beide Halbwellen der Wechselspannung durchgelassen, so daß im Relaisteil beide Relais Ansprecherregung erhalten. Über die gezogenen Kontakte a_I und b_{II} bekommt Verbraucher 4 Spannung. Diese Schaltung versetzt uns also in die Lage, über eine Zweidrahtleitung vier verschiedene Verbraucher zu steuern.

Als Gleichrichter werden vorteilhaft Germanium-Flächendioden (z. B. OY 111) eingesetzt (Sperrspannung und max. Durchlaßstrom beachten!). Die Relais (beim Steuern von Netzstromverbrauchern zweckmäßig RH 100) müssen abfallverzögert sein, damit sie in der Zeit zwischen zwei Halbwellen der gleichgerichteten Steuerspannung nicht abfallen. Als günstigste Verzögerungsmethode empfiehlt sich die Parallelschaltung von Kondensatoren. Die in Bild 43 angegebene Kontaktkombination kann nicht immer angewendet werden. Sie ist für den Fall ausgelegt, daß alle vier Verbraucher die gleiche Betriebsspannung benötigen.

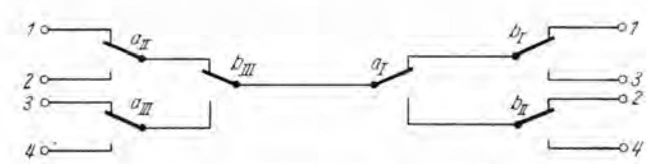


Bild 44 Getrennte Sekundärstromkreise bei der Kunstschaltung über Gleichrichter

Bild 44 zeigt die Kontaktkombination für völlig getrennte Stromkreise (die zueinandergehörigen Ausgangsklemmen eines Stromwegs sind mit gleicher Zahl gekennzeichnet).

3.5.2. Wechselsteuerung

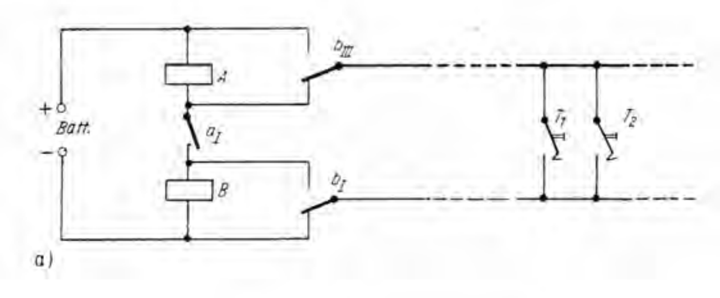
Für die in Bild 45a dargestellte und nachfolgend beschriebene Relaisschaltung gibt es zahlreiche Einsatzmöglichkeiten. Bei Drücken einer der Tasten (gewöhnliche Klingelknöpfe) zieht über die in Ruhestellung liegenden b-Kontakte das A-Relais. Wird die Taste wieder losgelassen, so spricht über den nun gezogenen a_I-Kontakt zusätzlich das B-Relais an. In diesem Schaltzustand verharren die Relais, bis man wiederum eine der Tasten betätigt. Der Stromkreis für einen mittels zweiten a-Kontakts geschalteten Verbraucher ist geschlossen.

Wird von neuem eine der Tasten gedrückt, so fällt das A-Relais, nach Loslassen der Taste das B-Relais ab. Die Schaltung befindet sich wieder im Ruhezustand. Der Sekundärstromkreis ist unterbrochen. Auf diese Weise werden die angeschlossenen Verbraucher abwechselnd ein- und ausgeschaltet. Die Anzahl der parallelgeschalteten Tasten und ihre Entfernung voneinander sind unbegrenzt. Auch in diesem Fall können bei Verwendung entsprechender Relais Starkstromverbraucher über Schwachstromleitungen gesteuert werden.

Bei Bemessung der Bauelemente ist darauf zu achten, daß die Relaissteuerspannung etwa den 1,8- bis 2fachen Wert der für *ein* Relais notwendigen Ansprecherregung hat.

Es sollen keinesfalls die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, die diese Schaltung bietet, in das Korsett einiger weniger Beispiele gezwängt werden. Die Industrie fertigt übrigens für den gleichen Zweck Spezialrelais, bei denen der Wiederholungseffekt über ein bewegliches Nockenrad erreicht wird. Abgesehen davon, daß der Bastler solche Spezialfertigungen selten käuflich erhält, stellt die beschriebene Schaltung die billigste und zugleich eleganteste Lösung für das Wiederholungsrelais dar.

In der Schaltcharakteristik des Wiederholungsrelais finden wir eine Parallele zu dem mit Röhren oder Transistoren be-



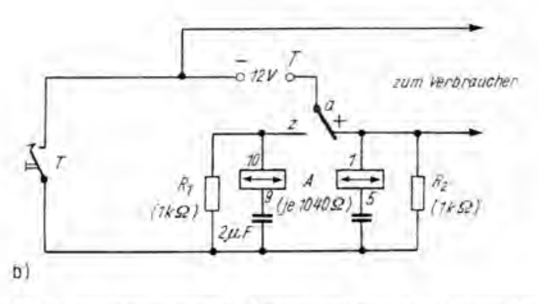


Bild 45 a) Wiederholungsrelais b) Untersetzerschaltung mit einem Telegrafenrelais

stückten bistabilen Multivibrator, wie er in Zählschaltungen zur Frequenzteilung verwendet wird. Betätigt man beispielsweise die Auslösetaste (oder den Auslöserelaiskontakt) 10mal je Sekunde (10 Hz), so wird der verbraucherseitige a-Kontakt 5mal betätigt (5 Hz). Das Wiederholungsrelais bewirkt also eine Teilung oder „Untersetzung" der Frequenz. Man bezeichnet eine solche Relaisanordnung deshalb auch als Untersetzerschaltung. Noch deutlicher wird das bei der nachfolgend beschriebenen und in Bild 45b dargestellten Untersetzerschaltung mit einem Telegrafenrelais.

Bei Betätigung der Taste wird die Telegrafenrelaiswicklung 1–5 für die Dauer der Aufladung des Kondensators C_2 von Erregerstrom durchflossen. Die dabei auftretende Stromrichtung bewirkt das weitere Verweilen des Ankers auf Trennseite (Plus

am Wicklungsanfang!). Erst bei Loslassen der Taste bekommt das Telegrafenrelais gegenseitige Erregung. Der Kondensator C_2 entlädt sich über R_2 und Telegrafenrelaiswicklung. Dabei liegt Minus am Wicklungsanfang; der Anker legt auf Zeichenseite um. Die Schaltung ist symmetrisch, d. h., nach Beendigung des nächsten Impulses legt der Anker wieder auf Trennseite zurück.

Als Telegrafenrelaistyp wird z. B. Rls 0373.001:51221 verwendet. Zu beachten ist, daß das Relais zwei Ankerruhelagen und zwei gleichartige Wicklungen hat. Der angeschlossene Verbraucher darf den Anker des Relais keinesfalls mit mehr als 5 W belasten.

Der Effekt der Frequenzteilung ist bei dieser Schaltung offensichtlich. Nach 10maliger Betätigung der Taste hat der Verbraucher beispielsweise 5mal Spannung bekommen.

Die Schaltung ist in der angegebenen Form bis zu einer Eingangsfrequenz von 50 Hz verwendbar. Wird an Stelle des Verbrauchers eine zweite Untersetzerschaltung gleicher Art angeschlossen, so tritt an deren Ausgang ein Viertel der Eingangsfrequenz auf, bei 3 Untersetzern ein Achtel usw.

3.5.3. Blockierungs- und Vorrangschaltungen

Solche Relaisschaltungen finden hauptsächlich in Wählanlagen des Fernsprech- und Fernschreibverkehrs Anwendung, geben aber auch dem Amateur Gelegenheit zu einfacherer und günstigerer Gestaltung seiner Schaltungen. Sie sollen deshalb in unserer Broschüre nicht unerwähnt bleiben.

Blockierungsschaltungen (Bild 46) — Von mehreren einschaltbaren Relais sollen durch den Anzug eines Relais alle anderen elektrisch blockiert werden, also nicht gleichzeitig arbeiten können. Solche Schaltungen bieten sich an, wenn Verbraucher von mehreren Punkten aus gesteuert werden sollen, ihr gleichzeitiger Betrieb aber unerwünscht ist oder Störungen hervorruft (z. B. Haustelefon).

Auf die in Bild 46a dargestellte Schaltung wird man dann zurückgreifen, wenn bei Erregung eines Relais ein weiteres,

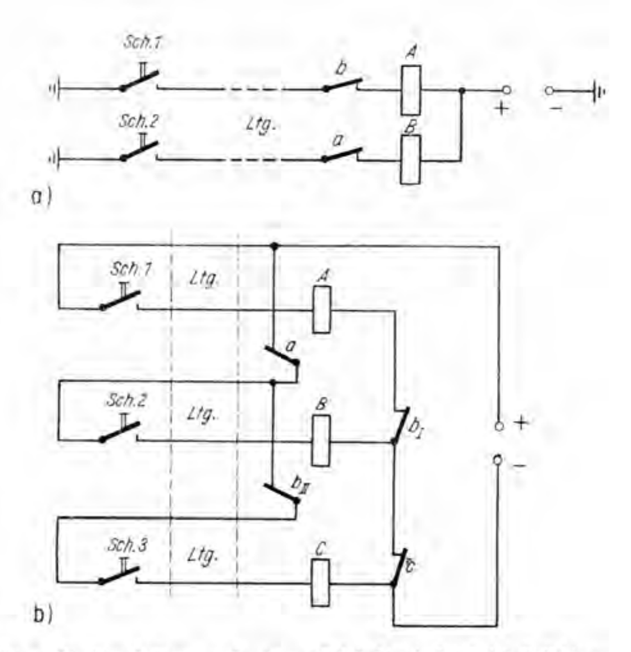


Bild 46 Blockierschaltungen; a) mit zwei Relais, b) mit drei Relais (beliebig zu erweitern)

allenfalls zwei blockiert werden müssen. Umfangreiche Schaltungen erfordern eine zu hohe Anzahl an Relaiskontakten schon für den reinen Blockierungseffekt.

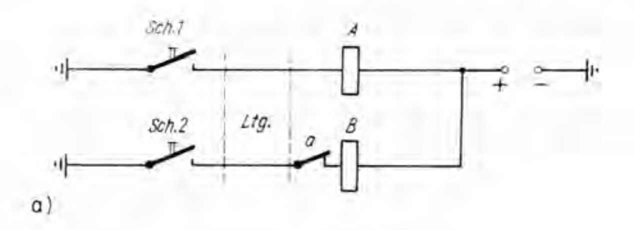
Die Wirkungsweise ist einfach. Wird z. B. das A-Relais durch Betätigung des Schalters 1 erregt, so sperrt der sich öffnende a-Kontakt den Erregerstromkreis für das B-Relais. Umgekehrt würde der Anzug des B-Relais die gleichzeitige Blockierung des A-Relais zur Folge haben. Bei Schaltungen mit mehreren Relais muß in den Erregerstromkreis eines jeden Relais die Reihenschaltung der Ruhekontakte aller anderen Relais eingefügt werden.

Bei Verwendung der in Bild 46b dargestellten Schaltung werden auch bei umfangreichen Relaisschaltungen nie mehr als

2 Ruhekontakte je Relais für den Blockierungseffekt benötigt Ist z. B. das B-Relais gezogen, dann blockieren die Kontakte b_I und b_{II} die Erregerstromkreise des A- und C-Relais. Die Schaltung läßt sich beliebig erweitern. Immer wird bei Erregung eines Relais allen anderen die Möglichkeit genommen gleichzeitig zu ziehen.

Vorrangschaltungen (Bild 47) — In einer solchen Relaisschaltung wird der Erregung bestimmter Relais Vorzug gegeben. Am deutlichsten wird das bei der in Bild 47a dargestellten Vorrangschaltung mit zwei Relais. Drückt man Schalter 1, so zieht das A-Relais und nimmt mit seinem Ruhekontakt dem B-Relais die Erregungsmöglichkeit.

Zieht jedoch durch Betätigung des Schalters 2 das B-Relais zuerst, so kann das A-Relais durch Schalter 1 trotzdem jeder-



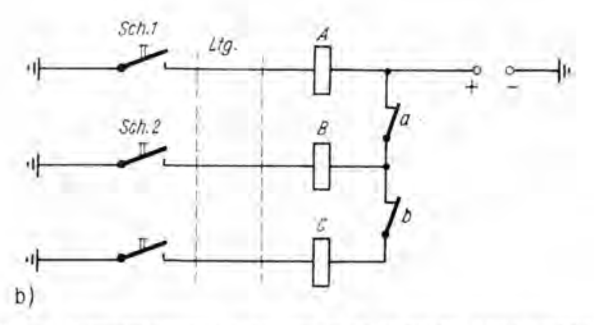


Bild 47 Vorrangschaltungen; a) mit zwei Relais, b) mit drei Relais (beliebig zu erweitern)

zeit erregt werden; es macht in diesem Fall sogar die Erregung des B-Relais rückgängig. Das A-Relais hat also in unserer Schaltung den Vorrang.

In Bild 47b wird eine Vorrangschaltung mit 3 Relais gezeigt, die für jedes Relais einen Ruhekontakt erfordert und die beliebig erweitert werden kann. Das A-Relais ist gegenüber B- und C-Relais, das B-Relais gegenüber dem C-Relais bevorzugt. Man sagt auch, das A-Relais hat 1. Vorrang, das B-Relais 2. Vorrang.

3.5.4. Relaisschaltung für kybernetische Funktionsmodelle (Trainer)

Die Inbetriebnahme, das Abstimmen bzw. Eichen größerer Funkstationen oder anderer komplizierter Nachrichten- und Meßtechnik hat in einer ganz bestimmten Reihenfolge entsprechend Bedienungsanweisung des jeweiligen Geräts zu erfolgen. Fehlbedienung kann unter Umständen zum Ausfall des Geräts, zum Nichtzustandekommen der Nachrichtenverbindung, zu falschen Meßergebnissen oder zu Zeitverlusten bei der Inbetriebnahme führen. Bei komplizierten Geräten (z. B. Funkstationen mittlerer und großer Leistung) müssen zur Inbetriebnahme oft 100 und mehr Handgriffe in obligatorischer Reihenfolge ausgeführt werden.

Auf der Suche nach Methoden zur optimalen Ausnutzung der Ausbildungszeit und zur Schonung der Einsatztechnik wurden in verschiedenen Nachrichteneinheiten der NVA in letzter Zeit kybernetische Funktionsmodelle (Trainer) für die Ausbildung von Funkern, Piloten, Kraftfahrern u. a. geschaffen.

Der Trainer sollte in seiner äußeren Beschaffenheit weitgehend dem darzustellenden Gerät gleichen. Ebenso muß er bei richtiger Bedienung äußerlich sichtbare Reaktionen des nachgebildeten Geräts (Aufleuchten von Lampen und Skalenbeleuchtungen sowie Zeigerausschlag von Meßinstrumenten) nach bestimmten Handgriffen simulieren. Falsche Bedienung oder falsche Reihenfolge der Bedienung muß das Modell mit optischen oder akustischen Alarmzeichen quittieren.

Die wichtigsten Vorteile des kybernetischen Funktionsmodelles sind:

— Das weit wertvollere Originalgerät wird geschont; Ausfälle und damit kostspielige Instandsetzungen durch unsachgemäße Bedienung bei der Ausbildung werden vermieden.
— Eine optimalere Ausnutzung der Ausbildungszeit wird ermöglicht.
— Die Einschätzung des jeweiligen Ausbildungsstands durch den Ausbilder wird erleichtert.
— Unachtsamkeit und mangelhafte Kenntnisse des Ausbilders haben keinen Einfluß auf die Qualität der Ausbildung.

Das Relais wird mit der Realisierung obiger Forderungen zum unentbehrlichsten Bestandteil des Trainers. Bild 48 zeigt die Grundschaltung für ein solches Gerät. Die mit $H_1 \dots H_n$ bezeichneten Kontakte kennzeichnen die zur Bedienung des Geräts notwendigen Handgriffe. In der Regel lassen sich alle Handgriffe schaltungsmäßig auf die Betätigung eines Arbeitskontakts zurückführen. Bei solchen komplizierten Handlungen, wie dem Einregeln eines maximalen Zeigerausschlags am Meßinstrument durch Potentiometer, sind dazu allerdings noch besondere Schaltungen erforderlich.
Um das nachgebildete Gerät richtig zu bedienen, müssen die Handgriffe H_1, H_2, H_3 bis H_n in genauer Reihenfolge ausgeführt werden. Unser Modell hat daher nur diese Reihenfolge der Bedienung zuzulassen und Abweichungen davon durch Alarmsignal zu ahnden.

Wirkungsweise der Schaltung Bild 48

Richtige Bedienung:

H_1 „bringt" das A-Relais, H_2 über den nun gezogenen a_I-Kontakt das B-Relais, H_3 über den b_I-Kontakt das C-Relais usw. Das Aufleuchten von Skalenbeleuchtungen, Glimmlampen, der Zeigerausschlag von Meßinstrumenten u. a. nach bestimmten Handgriffen entsprechend Originalgerät wird über zusätzliche Relaiskontakte realisiert.

Falsche Bedienung:

Bei zu vorzeitigem Ausführen bestimmter Handgriffe wird über den noch in Ruhestellung befindlichem Umschaltekontakt des vorhergehenden Relais das GA- bzw. KA-Relais erregt. Die ga-Kontakte lösen im Beispiel optischen und akustischen.

Bild 48 Grundschaltung für Trainer

die ka-Kontakte nur optischen Alarm aus. Diese beiden Relais gestatten somit die Differenzierung in grobe und weniger grobe Verstöße gegen die Bedienungsvorschrift.

Wird ein bereits richtig ausgeführter Handgriff im weiteren Bedienungsablauf unberechtigt rückgängig gemacht, so fällt das entsprechende Relais ab. Der im nachfolgenden Stromkreis befindliche Umschaltekontakt dieses Relais legt in die Ruhestellung zurück und schließt damit wiederum den Stromkreis für das GA- bzw. KA-Relais. Der bereits gezogene Arbeitskontakt des übernächsten Relais verhindert den Abfall des nächsten und damit aller folgenden bereits gezogenen Relais.

Eine unter Umständen zweckmäßige Erweiterung der Grundschaltung ist die spezielle Auswerteschaltung, die mit Kontakten der Alarmrelais angesteuert wird und die nach einem eingegebenen Punktsystem die Leistung des Bedienenden automatisch in eine abschließende Note umzusetzen vermag. Die Auswerteschaltung läßt sich noch weiter vervollkommnen, wenn man die Bedienungszeit mit einbezieht.

3.5.5. Relaisschaltungen in Schiffsmodellen

Ein beliebtes Hobby vieler Funkamateure ist die Fernsteuerung von Schiffsmodellen. Folgende prinzipielle Wirkungsweise liegt ferngesteuerten Modellen meist zugrunde:

Im Sender werden der Sendefrequenz wahlweise niedere Frequenzen (meist aus dem Bereich von 100 Hz bis 20 kHz) aufmoduliert.

Als Sendefrequenzen sind von der Deutschen Post zugelassen:

13,56 MHz ± 0,05 Prozent
27,12 MHz ± 0,6 Prozent
465 MHz ± 0,5 Prozent

Der im Schiffsmodell befindliche, möglichst kleine Empfänger nimmt das Signal auf, verstärkt es, demoduliert die NF-Frequenzen und wandelt diese über Relais in Schaltbefehle für das Schiffsmodell um. In Bild 49 ist das Blockschaltbild eines solchen Empfängers, den man zugunsten geringer Ab-

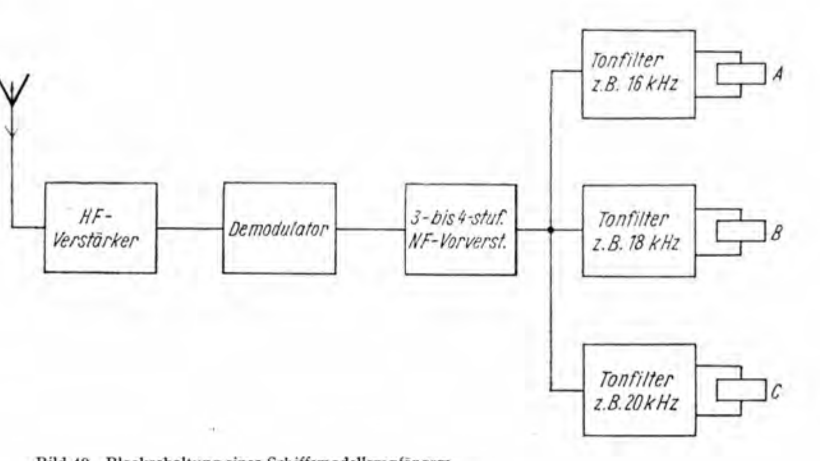


Bild 49 Blockschaltung eines Schiffsmodellempfängers

messungen mit Transistoren (HF-Vorverstärker mit UKW-Transistor z. B. OC 883) bestücken wird.

Die verstärkten NF-Signale gelangen zum Eingang dreier parallelgeschalteter Transistorfilter, die nur ein ganz bestimmtes, sehr schmales Frequenzband durchlassen und weiterverstärken. In der Regel wird man die NF-Frequenzen möglichst hoch wählen (z. B. 16, 18 und 20 kHz), da in diesem Fall die kleinen Schwingkreiselemente der Forderung nach geringen Abmessungen entgegenkommen.

Das verstärkte NF-Signal gelangt als Relaissteuerspannung in die Erregerwicklungen der Relais A – C. Im Schiffsmodell sprechen also immer die Relais an, deren NF-Signale im Sender der Sendefrequenz aufmoduliert werden. Handelt es sich wie in unserem Beispiel um 18 kHz, so zieht das B-Relais; sind es 16 und 20 kHz, so ziehen A- und C-Relais usw.

Die nachgeschaltete Kontaktkombination hat die unterschiedlichen Bewegungs- und Wendungsvarianten des Schiffsmodells zu gewährleisten. Ein zum Abschluß der Relaisschaltungen bewußt kompliziert gewähltes Beispiel einer solchen Kontaktkombination ist in Bild 50 dargestellt. Die Schaltzustände der Relais A, B und C realisieren entsprechend nachstehender Tabelle folgende Schaltbefehle im Schiffsmodell: (Die Kreuze sagen aus, daß das entsprechende Relais gezogen ist.)

Kommando an das Schiffsmodell	Relais A	Relais B	Relais C
1. Halt	—	—	—
2. Linkswendung bei Vorwärtsbewegung	X	—	—
3. Rechtswendung bei Vorwärtsbewegung	—	X	—
4. Geradeaus bei Vorwärtsbewegung	X	X	—
5. Rückwärtsbewegung	X	—	X
oder	—	X	X
6. Wiederholungsrelaisschaltung: Schnelle Fahrt und langsame Fahrt	X	X	X
7. Einschalten der Schiffsbeleuchtung	—	—	X

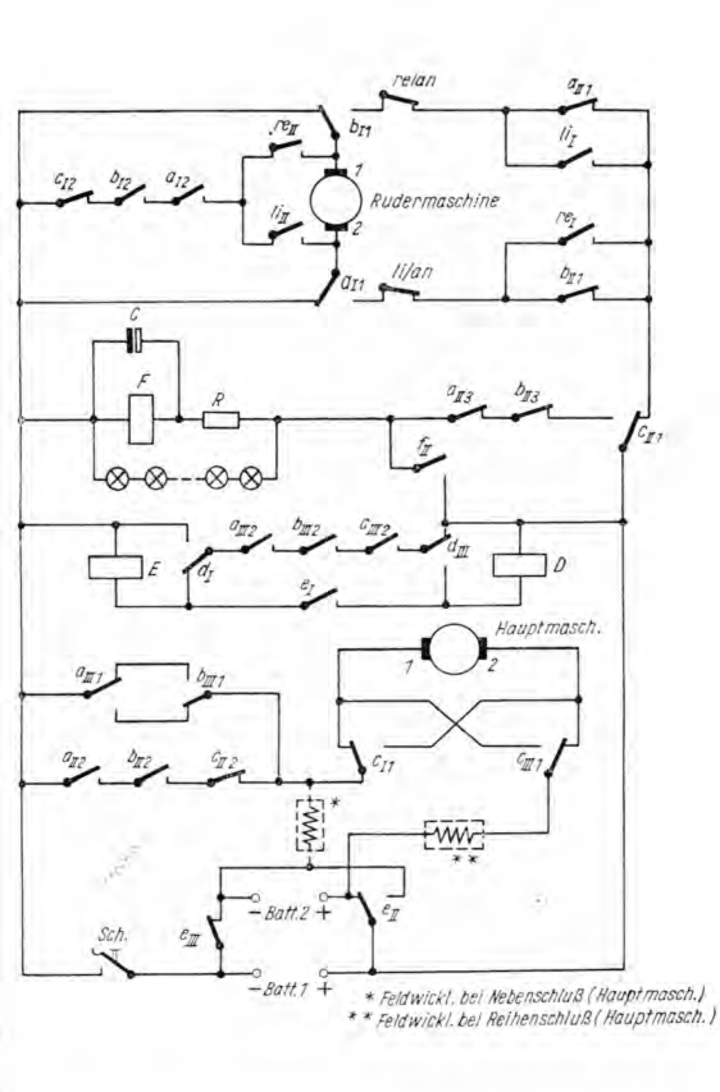


Bild 50 Kontaktkombination zum Empfänger (Bild 49)

Dem in Relaisschaltungen Ungeübten wird es kaum gelingen, die genaue Wirkungsweise dieser schwierigen Schaltung zu begreifen. Darum folgt eine genaue Stromlaufbeschreibung für jeden einzelnen Schaltbefehl. Hierbei werden alle im Stromkreis liegenden Verbraucher und Kontakte in der richtigen Reihenfolge genannt.

1. Kommando „Halt“ (A-, B- und C-Relais werden nicht erregt)

Alle Kontakte befinden sich im gezeichneten Zustand. Hauptmaschine, Rudermaschine sowie E-, D- und F-Relais sind stromlos. Das Schiffsmodell steht.

2. Kommando „Linkswendung bei Vorwärtsbewegung“
(A-Relais gezogen)

Der a_{III_1}-Kontakt legt Spannung an die Hauptmaschine: Minus-Sch. – a_{III_1} – b_{III_1} – c_{I_1} – Hauptmasch. (1 – 2) – c_{III_1} – Plus. Die beiden Batterien sind parallelgeschaltet. Die Hauptmaschine bewegt das Schiffsmodell in langsamer Fahrt vorwärts.

Über den a_{I_1}-Kontakt wird Spannung an die Rudermaschine gelegt: Minus-Sch. –
b_{I_1}-Rudermasch. (1 – 2) - a_{I_1} - li/an – b_{II_1} - c_{II_1} – Plus.

Das Ruder bewegt sich bei dieser Drehrichtung der Rudermaschine nach links.

Der Kontakt li/an wird so im Ruderwerk befestigt, daß er bei Anschlagstellung des Ruders öffnet (ebenso re/an bei Rechtsbewegung des Ruders). Bei Betätigung des li/an-Kontakts wird der Stromkreis für die Rudermaschine unterbrochen, wodurch sich ein Festlaufen des Motors bzw. Rutschen der Kraftübertragungsorgane bei erreichter Anschlagstellung des Ruders vermeiden läßt.

Das Schiffsmodell führt bis zum nächsten Wendekommando eine Linksbewegung aus.

3. Kommando „Rechtswendung bei Vorwärtsbewegung“
(B-Relais gezogen)

Die Hauptmaschine bekommt über den gezogenen b_{III_1}-Kontakt Spannung (Stromlauf wie bei „Linkswendung“). Über

den b_{I_1}-Kontakt liegt Spannung an der Rudermaschine:
Minus-Sch. –
a_{I_1}-Rudermasch. (2 – 1) – b_{I_1} – re/an – a_{II_1} – c_{II_1} – Plus.

Die Rudermaschine wird gegenüber der Linkswendung des Schiffsmodells entgegengesetzt von Strom durchflossen (Bezifferung der Anschlüsse beachten!). Das Ruder bewegt sich nach rechts. In Anschlagstellung des Ruders unterbricht der sich öffnende re/an-Kontakt den genannten Stromkreis (s. auch Linkswendung).

Das Schiffsmodell führt bis zum nächsten Wendekommando eine Rechtsbewegung aus.

4. Kommando „Geradeaus bei Vorwärtsbewegung"
(A- und B-Relais gezogen)

Die Hauptmaschine bekommt über die Kontaktkombination a_{II_2} – b_{II_2} – c_{II_2} Spannung (Stromlauf sonst wie bei Linkswendung).

Die Rudermaschine wird je nach Stellung des Ruders über die Kontakte re oder li sowie über die betätigten a- und b-Kontakte gezogen. Die re-Kontakte (re_I und re_{II}) sind so im Ruderwerk angebracht, daß sie bei der geringsten Rechtsbewegung des Ruders aus der Mittellage schließen (ebenso li_I und li_{II} für Linksbewegung des Ruders).

Steht das Ruder bei dem Kommando „Geradeaus" rechts, so entsteht folgender Stromkreis über die Rudermaschine:
Minus-Sch. –
c_{I_2} – b_{I_2} – a_{I_2} – re_{II} – Rudermasch. (1 – 2) – a_{I_1} – li/an – re_I – c_{II_1} – Plus.

Die Rudermaschine bewegt das Ruder so lange nach links (Polung beachten!), bis es sich genau in Mittellage befindet. In diesem Moment trennen re_I und re_{II} den Stromkreis für die Rudermaschine auf.

Das Schiffsmodell bewegt sich bis zum nächsten Wendekommando geradeaus.

Ein ähnlicher Stromkreis entsteht, wenn das Ruder bei Schaltbefehl „Geradeaus" links liegt, über die li-Kontakte. Entgegengesetzt ist lediglich die Polung an der Ruderma-

schine, die darum das Ruder nach rechts bis zur Mittellage bewegt.

5. *Kommando „Rückwärts"* (A- und C-Relais bzw. B- und C-Relais gezogen)

Über die Kontakte a_{III_1} und b_{III_1}, von denen jeweils einer betätigt ist, und über die ebenfalls betätigten Umschaltekontakte c_{I_1} und c_{III_1} bekommt die Hauptmaschine Spannung. Die daraus resultierende Drehrichtung der Schiffsschraube bewegt das Schiff rückwärts.

Die Richtung der Rückwärtsbewegung ist abhängig von dem zuletzt bei Vorwärtsfahrt gegebenen Wendekommando. (Wurde z. B. vor dem Kommando „Rückwärts" das Kommando „Linkswendung bei Vorwärtsbewegung" gegeben, dann fährt das Schiffsmodell jetzt mit einer Linkswendung rückwärts.) Der Amateur ist also in der Lage, sein Schiffsmodell sowohl geradeaus als auch links oder rechts rückwärtsfahren zu lassen.

6. *Kommando „Schnelle (bzw. Langsame) Fahrt"* (A-, B- und C-Relais gezogen)

Dieser Schaltbefehl gibt dem Amateur die Möglichkeit, sein Schiffsmodell alle eben beschriebenen Wende- und Richtungsmanöver in schneller oder langsamer Fahrt ausführen zu lassen.

Bis zum ersten Geben dieses Kommandos sind Batterie 1 und 2 über die Kontakte e_{II} und e_{III} parallelgeschaltet. Die Hauptmaschine bekommt normale Spannung und verleiht dem Schiffsmodell „langsame Fahrt".

E- und D-Relais bilden die unter 3.5.2. beschriebene Wiederholungsrelaisschaltung. Die Aufgabe der Auslösetaste wird durch die Reihenschaltung der Arbeitskontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{III_2} übernommen.

Gibt man den Schaltbefehl „Schnelle Fahrt", so entsteht über diese Kontakte der folgende Stromkreis:

Minus-Sch. – E (Rls) – d_I – a_{III_2} – b_{III_2} – c_{III_2} – d_{III} – Plus

Das E-Relais zieht und legt mit seinen Kontakten e_{II} und e_{III} die beiden Batterien für den Stromkreis der Hauptmaschine

in Reihe. Bei Beendigung des Schaltbefehls „Schnelle Fahrt" (ein kurzer Impuls genügt) öffnen die Kontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{III_2} wieder, und über den nun geschlossenen e_I-Kontakt zieht zusätzlich das D-Relais. Für die gesamte Dauer des Schaltbefehls sind die Stromkreise für Haupt- und Rudermaschine aufgetrennt. Erst wenn danach eines der bereits beschriebenen Kommandos (2. bis 5.) gegeben wird, führt das Schiffsmodell dieses in „schneller Fahrt" aus. (Doppelte Spannung an der Hauptmaschine ergibt ungefähr doppelte Drehzahl der Schiffsschraube.)

Um das Schiffsmodell jetzt wieder in „langsame Fahrt" zu versetzen, muß der gleiche Schaltbefehl noch einmal gegeben werden. Die erneut betätigten Kontakte a_{III_2}, b_{III_2} und c_{III_2} schließen dann das über den e_I-Kontakt erregte E-Relais kurz: Das E-Relais fällt ab. Die Kontakte e_{II} und e_{III} schalten beide Batterien wieder parallel. Bei Beendigung des Schaltbefehls wird auch das D-Relais stromlos (e_I-Kontakt ist abgefallen).

Für die Dauer des Schaltbefehls wird der Stromkreis für die Hauptmaschine unterbrochen. Erst bei erneuter Kommandogabe (Schaltbefehl 2. bis 5.) führt das Schiffsmodell die befohlenen Manöver in langsamer Fahrt aus. Der anfängliche Schaltzustand der Wiederholungsrelaisschaltung (E- und D-Relais) ist wiederhergestellt.

Dieser Wechsel von langsamer zu schneller Fahrt und umgekehrt kann selbstverständlich beliebig oft vorgenommen werden. Die Dauer des Schaltbefehls sollte möglichst kurz gewählt werden, da das Schiff durch die abgeschaltete Hauptmaschine schnell an Fahrt verliert; ein Schaltimpuls von etwa 0,1 s reicht völlig aus.

7. *Kommando „Einschalten der Schiffsbeleuchtung"* (C-Relais gezogen)

Dieses Kommando wird bei Eintritt der Dämmerung zwecks Einschalten von Positionsleuchten (bzw. Innenbeleuchtung) gegeben. Über den gezogenen c_{II_1}-Kontakt und die in Ruhestellung liegenden Kontakte a_{II_3} und b_{II_3} wird das F-Relais erregt. Der f_{II}-Kontakt zieht und hält auch nach Beendigung des Schaltbefehls das F-Relais. Die parallel zum F-Relais

liegenden Positionsleuchten bekommen Spannung. Das Ausschalten der Schiffsbeleuchtung ist wegen des Selbsthaltekontakts f_{II} über Funk nicht mehr möglich. Erst bei Auftrennen des Hauptschalters Sch. fällt das F-Relais ab, und die Positionsleuchten erlöschen.

Das F-Relais ist durch R und C anzugsverzögert, um ein ungewolltes Einschalten der Schiffsbeleuchtung zu verhindern, falls bei einem der anderen Schaltbefehle ungewollt das C-Relais einmal zuerst zieht.

Während der Dauer dieses Schaltbefehls ist der Stromkreis für die Hauptmaschine unterbrochen. Man sollte sich also auch hier mit einem kurzen Impuls (etwa 2 s) begnügen.

Zur Realisierung der obenstehenden Schaltung müssen die einzelnen Relais folgende Kontakte haben:

A-Relais	3 a	2 r	2 u	a – Arbeitskontakt
B-Relais	3 a	2 r	2 u	r – Ruhekontakt
C-Relais	1 a	2 r	3 u	u – Umschaltekontakt
D-Relais	—	—	2 u	
E-Relais	1 a	1 r	1 u	
F-Relais	1 a	—	—	

Als A-, B- und C-Relais verwendet man der hohen Kontaktzahl wegen zweckmäßig mittlere Rundrelais (max. Anzugsstrom 80 mA; Wicklungswiderstand 100 bis 200 Ω). Als E-, D- und F-Relais finden Kleinstumpfrelais (GBR) oder Kleinrelais ST 10 Verwendung.

Verfügt der Schiffsmodellbauer nicht über Relais mit einer solch hohen Anzahl von Kontakten (z. B. A- und B-Relais) oder erscheint dem einen oder anderen diese Schaltung für den Anfang als zu aufwendig, dann können ohne weitere Veränderungen die zur Realisierung der beiden letzten Schaltbefehle notwendigen Bauelemente und Kontaktkombinationen weggelassen werden. Für diesen Fall sind alle Bewegungs- und Wendungsvarianten des Schiffsmodells entsprechend den Schaltbefehlen 1. bis 5. bei einer Fahrtgeschwindigkeit möglich.

Eine andere, sehr vorteilhafte Möglichkeit der Trennung von aufmodulierten NF-Frequenzen zeigt Bild 51. In diesem Fall

wird auf die aufwendigen Transistorfilter verzichtet. An ihrer Stelle erscheint ein Resonanzrelais mit 3 Resonanzzungen, dessen Anfertigung allerdings einige praktische Fertigkeiten erfordert. Als Kern benutzt man die Kernbleche eines alten Übertragers (U-Kern oder zersägten M-Kern). Von der Länge der Zungen hängt ihre Resonanzfrequenz ab. Die Zungen kann man aus alten Uhrfedern anfertigen (geradebiegen). Die Abtastschrauben werden so eingestellt, daß sie die Resonanzzungen (wenn diese sich in Ruhelage befinden) fast berühren.

Die Schaltfrequenzen müssen bei dieser Anordnung allerdings bedeutend geringer gehalten werden (etwa 100 bis 800 Hz). Am besten fertigt man zuerst das Resonanzrelais an, dann werden die NF-Generatoren des Senders auf die entstandenen Zungenfrequenzen geeicht. Im Resonanzfall flattern die Re-

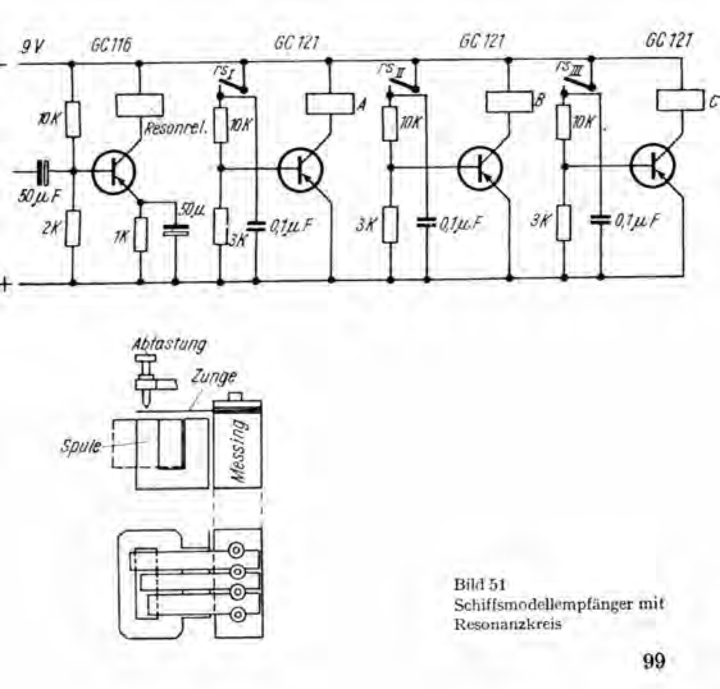


Bild 51
Schiffsmodellempfänger mit Resonanzkreis

sonanzzungen und haben in periodischen Abständen elektrischen Kontakt mit den Abtastschrauben. Die parallel zu der Reihenschaltung von Kollektor—Basis-Widerstand (10 kΩ) und Emitter—Basis-Widerstand (3 kΩ) geschalteten Kondensatoren (0,1 μF) gewährleisten gleichbleibende Spannungsverhältnisse am Transistor auch für die Dauer des Abfalls der vibrierenden Resonanzzunge. Als Verbraucher dieser Endstufen erscheinen wieder die drei Relais A, B und C, deren Kontakte zu der bereits aus Bild 50 bekannten Kombination zusammengeschaltet werden.

3.6. Drehwählerschaltungen

Schaltungen mit Wählern können im Rahmen dieser Broschüre nicht ausführlich behandelt werden. Erstens ist es nicht ganz leicht für den Bastler, sich Drehwähler zu beschaffen, meist wird er sich mit ausrangierten Exemplaren der Deutschen Post zufriedengeben müssen (an die kostspieligen Spezialwählertypen, wie Motorwähler und Hebdrehwähler, kommt er kaum heran); zweitens wird er sie auch selten benötigen. Die Darstellung beschränkt sich daher auf den einfachsten Wählertyp, den Drehwähler, den es in verschiedenen Ausführungen gibt. Im wesentlichen unterscheiden sie sich durch die Anzahl der Arbeitsschritte (11, 15, 25, 34 oder 50) und durch die Kontaktkränze (2, 3 oder 4) sowie durch ihre Wicklungswiderstände, aus denen unterschiedliche Steuerspannungen resultieren (60 bzw. 40 Ω ≙ 60 V; 15 bzw. 17 Ω ≙ 24 V).* Die einfachste Wählerschaltung ist in Bild 52 dargestellt. Bei kurzzeitigem Drücken der Taste wird der Kraftmagnet des Wählers einen Augenblick von Strom durchflossen. Der Wähler schaltet einen Schritt weiter. Jede erneute Betätigung der Taste führt zu einem weiteren Schaltschritt des Drehwählers. Nach dem 11. Schaltschritt (bei 11teiligen Drehwählern) schaltet der Wähler wieder auf den ersten. Für geringe Ansprüche genügt bereits diese einfache Anordnung.

* Die Spannungsquellen für Wählerschaltungen müssen für Ströme von 1,5 bis 2 A ausgelegt sein.

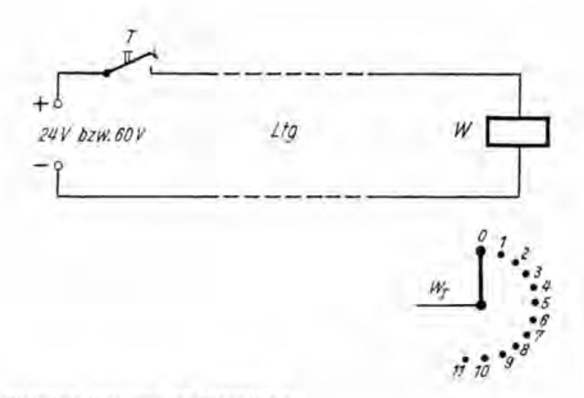


Bild 52 Einfachste Schaltung des Drehwählers

Man kann nun entsprechend der Anzahl der Schaltschritte verschiedene Verbraucher steuern. Allerdings müssen, um beispielsweise von Verbraucher 1 auf Verbraucher 5 zu kommen, alle dazwischenliegenden Verbraucher in der festgelegten Reihenfolge kurzzeitig eingeschaltet werden.

Meist wird der Bastler die technischen Möglichkeiten des Wählers voll ausschöpfen, also die Wahl des gewünschten Verbrauchers mit Nummernscheibe vornehmen wollen. Eine solche Schaltung ist in Bild 53 dargestellt. Im Steuerteil befindet sich nur die Nummernscheibe mit ihren drei Kontakten. Der nsi-Kontakt (Nummern-Schalter-Impulskontakt) ist im Ruhezustand und beim Spannen der Wählscheibe geschlossen. Erst bei ihrem Ablaufen öffnet und schließt der Kontakt rhythmisch. Der nsr-Kontakt (Nummern-Schalter-Ruhekontakt) ist ebenfalls im Ruhezustand geschlossen, öffnet aber sofort nach Bewegung der Nummernscheibe aus der Ruhelage und kehrt erst nach ihrem Ablaufen in den alten Zustand zurück. nsi- und nsr-Kontakt sind parallelgeschaltet und meist mit den Drahtfarben Gelb und Grün herausgeführt. Der nsa-Kontakt (Nummern-Schalter-Arbeitskontakt), meist durch die Drahtfarben Weiß und Rosa charakterisiert, ist im Ruhezustand geöffnet und arbeitet genau umgekehrt wie der nsr-Kontakt.

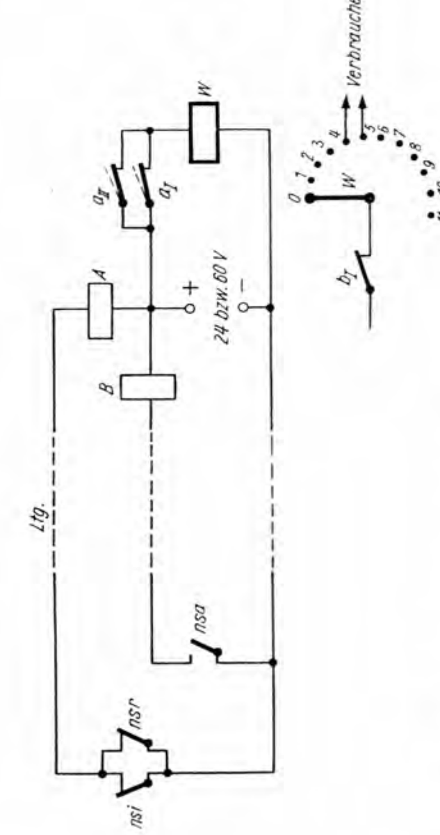


Bild 53 Einfachste Drehwählerschaltung mit Nummernscheibe

Die direkte Steuerung des Wählers über die Kontakte der Nummernscheibe ist nicht möglich, da der starke Erregerstrom des Kraftmagneten schnell zum Verbrennen der empfindlichen Kontaktspitzen führen würde. Man fügt ein Zwischenrelais ein (in unserem Fall das A-Relais), das im Ruhezustand über die geschlossenen Kontakte nsi und nsr ständig erregt wird und im Augenblick der Wahl im Rhythmus der Schaltbewegung des nsi-Kontakts abfällt und zieht. Dabei schließen die Ruhekontakte des A-Relais in kurzen Zeitabständen den Stromkreis für den Kraftmagneten des Wählers. Wird die 6 angewählt, dann fällt beim Ablaufen der Nummernscheibe das A-Relais 6mal ab. Über die a-Kontakte wird der Drehwähler um 6 Schaltschritte weiterbewegt. Die Parallelschaltung mehrerer Kontakte des A-Relais ist wegen des starken, durch den Kraftmagneten bedingten Stromflusses (1 bis 1,5 A) in jedem Fall vorteilhaft.
Der nsa-Kontakt schließt während der gesamten Dauer des Wählvorgangs. In dieser Zeit erhält das B-Relais Erregung; der b_I-Kontakt öffnet. So kann man vermeiden, daß die Verbraucher der einzelnen Schaltschritte, die der Schaltarm des Drehwählers durcheilt, während der Wahl kurzzeitig eingeschaltet werden. Erst wenn der Schaltarm den angewählten Schaltschritt belegt hat, schließt der b_I-Kontakt und bringt den gewünschten Verbraucher. Als A- und B-Relais finden vorteilhaft mittlere Rundrelais oder Flachrelais Verwendung (Betriebsspannung je nach Wählertyp 24 oder 60 V).
Diese Schaltung weist gegenüber der zuerst beschriebenen Tastenschaltung bereits wesentliche Vorteile auf. Der Bastler muß jedoch stets vom zuletzt belegten Verbraucher aus den nächsten gewünschten Verbraucher direkt anwählen; das sieht dann folgendermaßen aus: Ist z. B. der Verbraucher 7 zuletzt belegt gewesen, und der Verbraucher 3 soll angewählt werden, dann wird bei einem Drehwähler mit 11 Schaltschritten folgende Rechnung erforderlich

8., 9., 10., 11., 0., 1., 2., 3. Schaltschritt $\triangleq$ 8 Schaltschritte.

Jeder Drehwähler hat einen Kontaktkranz, bei dem die Schaltschritte 1 bis 11 nicht voneinander getrennt sind. Nur

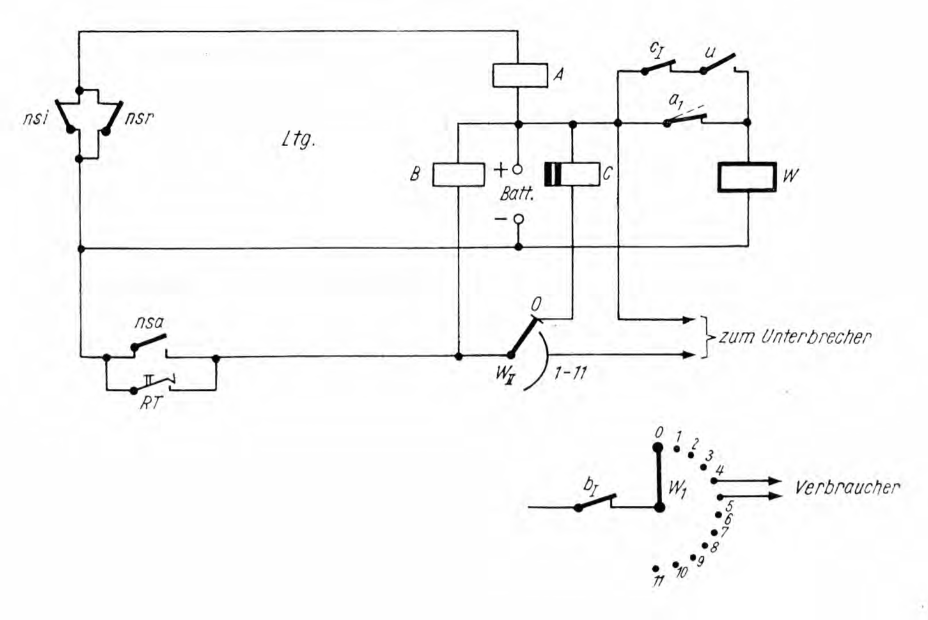


Bild 54 Drehwählerschaltung mit selbsttätigem Rücklauf bei Neuwahl

der 12. bzw. Ruheschritt ist gesondert herausgeführt. Dieser in Bild 54 mit W_{II} bezeichnete Kontaktkranz wird zum selbsttätigen Rücklauf des Wählers bei Neuwahl benutzt. Auch dafür zum besseren Verständnis ein Beispiel: Der 4. Schaltschritt sei belegt, der 8. Schaltschritt soll angewählt werden. Auf der Nummernscheibe wählt man direkt die 8. Schon beim Aufziehen der Wählscheibe schließt der nsa-Kontakt den Stromkreis für den Unterbrecher. Dieser gibt über seinen u-Kontakt solange Stromimpulse auf den Kraftmagneten, bis der Schaltarm des Wählers den 0.Schaltschritt eingenommen und somit den Stromkreis des Unterbrechers getrennt hat. Dieser Vorgang vollzieht sich sehr schnell. Der Kontaktarm des Wählers steht auf dem Schaltschritt 0, noch bevor die Nummernscheibe zur erneuten Wahl völlig aufgezogen ist. Beim Ablaufen der Nummernscheibe werden im Beispiel 8 Impulse an den Kraftmagneten des Wählers gegeben, der damit seinen Kontaktarm auf den 8. Schaltschritt dreht. Als Unterbrecher können die in Abschnitt 3.3. beschriebenen Relaisschaltungen verwendet werden. Das C-Relais wird hinzugeschaltet, um während des Wählvorgangs Störungen durch den Unterbrecherkontakt zu vermeiden. Es zieht sofort nach Belegung des Ruheschritts und muß eine Abfallverzögerung von 1 bis 2 s aufweisen (Ablaufzeit für 10 Impulse).

Mit Hilfe der Rücklauftaste RT ist der Rücklaufvorgang ohne Neuwahl möglich.

Beschäftigen wir uns abschließend noch mit zwei Schaltungskniffen bei Drehwählerschaltungen (Bild 55):

Der starke Stromfluß durch den Kraftmagneten gefährdet die entsprechenden Kontakte besonders beim Auftrennen des Stromkreises. Die bei dieser Stromstärke ohnehin schon starken Abreißfunken werden durch die Induktivität des Kraftmagneten (Abschaltspitzen!) noch vergrößert. Der Einsatz der in Bild 55a dargestellten Folgekontaktschaltung reduziert die Abreißfunken durch stufenförmiges Absinken des Stromes sowie durch Aufladung des parallelgeschalteten Kondensators im Abschaltmoment.

Die zweite, in Bild 55b dargestellte Schaltung bezieht sich auf eine Vereinfachung des automatischen Wählerrücklaufs.

Die meisten Drehwähler haben am Anker des Kraftmagneten ein oder zwei einfache Arbeitskontakte, die bei jedem Schaltschritt des Wählers kurzzeitig betätigt werden. Dieser Kontaktsatz kann für den automatischen Wählerrücklauf genutzt werden. Er ist in Bild 55b mit W_{III} bezeichnet. An Stelle des Unterbrechers, der meist aus 2 Relais besteht, wird hier nur 1 Relais (D) benötigt.

Das mit einer solchen Schaltung erreichbare selbsttätige „Heimlaufen" des Wählers bis zum 0. (12.) Schaltschritt wird auch als Viertaktdrehvorgang bezeichnet:

1. Takt – Bei Auslösung des Wählerrücklaufs bekommt der Kraftmagnet über den geschlossenen d-Kontakt Strom und schaltet den Drehwähler um einen Schritt weiter;

2. Takt – über den nun betätigten w_{III}-Kontakt bekommt das D-Relais Erregung;

3. Takt – der d-Kontakt öffnet und trennt den Stromkreis des Kraftmagneten;

4. Takt – der w_{III}-Kontakt geht in Ruhestellung zurück und bringt das D-Relais zum Abfall.

An den vierten schließt sich wieder der erste Takt an.

Bild 55c zeigt noch einmal die komplette Wählschaltung unter Berücksichtigung der beiden Verbesserungen. Das Zusammenwirken der Relais wird mit Hilfe des in Bild 55d dargestellten Relaisdiagramms schnell klarwerden.

Die beschriebenen Schaltungen mit Drehwählern erlauben die mannigfaltigsten Anwendungen: etwa wahlweise Einschaltung mehrerer Verbraucher, Fernabstimmung von AM-Empfängern, Haustelefon usw.

Noch einige Worte zur *AM-Fernabstimmung*. Verschiedentlich wurden in Fachzeitschriften Bauanleitungen für die Fernabstimmung von AM-Empfängern veröffentlicht, bei denen an Stelle des Drehkos fest auf Sender eingestellte Kapazitäten wahlweise über die Kontakte des Drehwählers als Schwingkreiselemente in den Empfänger gelegt werden. Die Drehwählerkontakte bilden jedoch bereits eine so hohe Kapazität, daß unweigerlich der obere Skalenbereich der Mittelwelle

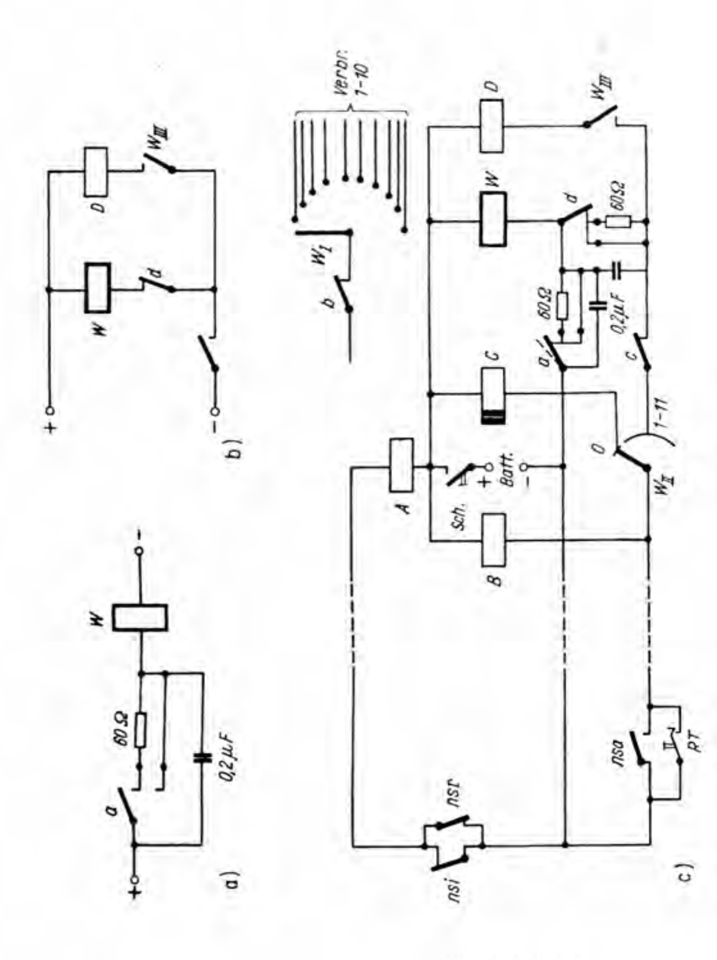


Bild 55 a) Funkenlöschung durch Folgekontakt, b) Viertaktdrehschaltung, c) verbesserte Drehwählerschaltung

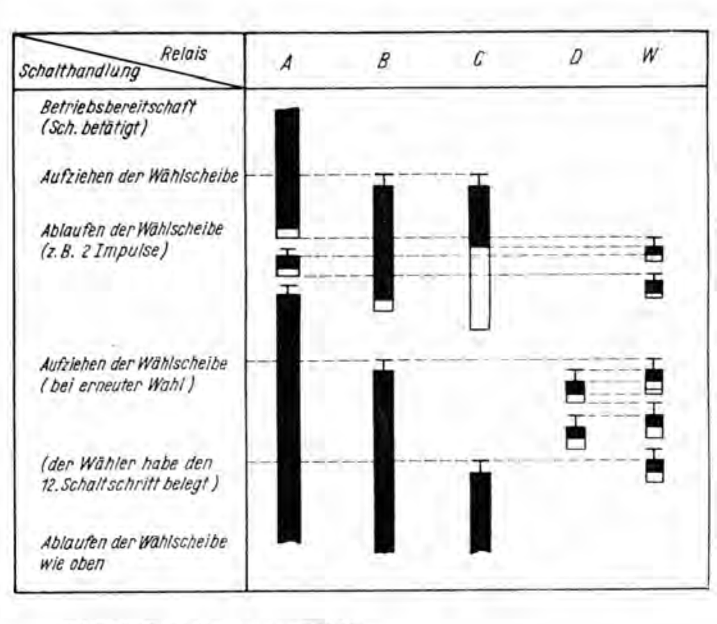


Bild 55d Relaisdiagramm zu Bild 55c

allein durch diese Zusatzkapazitäten verlorengeht. Bedingung für die Verwendung dieser Methode ist also die Berücksichtigung der Wählerkapazitäten (insbesondere bei den kleinen Wellenlängen) oder Einbau größerer Schwingkreisspulen. Mit einem 12teiligen Drehwähler lassen sich 10 Sender über fest abgestimmte Kapazitäten mittels Nummernscheibe oder Taste anwählen (Schaltschritt 11 bleibt frei).

4. Anhang

4.1. Telegrafenrelais

Bedeutung der Kennzahl für Wicklungen (siehe 2.3.)

Kennziffer	Wicklungs-nummer	Widerstand	Windungs-zahl	Wicklung Anfang	Wicklung Ende
01	I	120	1 250	1	2
	II	120	1 250	3	4
	III	120	1 250	6	5
	IV	120	1 250	8	7
	V	26	300	9	10
	VI	26	300	11	12
	VII	2 000	5 000	12	13
05	I	9 050	22 000	1	5
	II	9 050	22 000	9	10
12	I	2,2	370	1	2
	II	2,2	370	3	4
14	I	2 550	11 000	1	4
	II	15 500	33 000	5	8
18	I	105	1 000	1	2
	II	105	1 000	3	4
	III	105	1 000	9	10
	IV	105	1 000	11	12
21	I	1 040	6 400	1	5
	II	1 040	6 400	9	10
	III	3 000	8 000	7	8
28	I	77	2 500	1	4
	II	1 630	7 000	5	8

Kennziffer	Wicklungsnummer	Widerstand	Windungszahl	Wicklung Anfang	Wicklung Ende
29	I	80	600	9	10
	II	8 000	28 000	1	4
			Abgriff bei 10 000 Wdg.		2
57	I	110	1 250	1	2
	II	110	1 250	3	4
	III	110	1 250	6	5
	IV	110	1 250	8	7
	V	1 900	5 000	9	10

4.2. Flachrelais 48

Technische Daten

max. Spulenbelastung 5 W
max. Spannung der Kontaktfedern gegeneinander 100 V
bzw. 200 V
Ansprechzeit 8 bis 60 ms
Abfallzeit 8 bis 250 ms

4.3. Mittleres Rundrelais

Technische Daten

max. Spulenbelastung 5 W
Amperewindungszahlen (mit 20 % Ansprechsicherheit)

Bestückung mit
1 Kontaktsatz etwa 80 AW
2 Kontaktsätzen etwa 115 AW
3 Kontaktsätzen etwa 140 AW
4 Kontaktsätzen etwa 165 AW
5 Kontaktsätzen etwa 190 AW
6 Kontaktsätzen etwa 210 AW

Ansprechzeit	unverzögert	5 bis 25 ms
Abfallzeit	unverzögert	5 bis 25 ms

max. Spannung der Kontaktfedern gegeneinander 100 V

Belastbarkeit der Kontakte	bei 100 V	etwa 0,6 A
	bei 50 V	etwa 1,0 A

Typen der Normalreihe

Betriebsspannung V	Anzugsstrom mA	Widerstand Ω	Windungen	Draht (CuL) mm	Kontakte u	a	r	Bauvorschr. Nr. 4722:30-....
1	75	12	1 500	0,32	1	–	–	557
1	75	12	1 500	0,32	2	–	–	556
1	120	7	1 150	0,37	3	–	–	555
3	21	100	4 300	0,19	1	–	–	552
3	25	100	4 300	0,19	2	–	–	383
3	50	50	3 000	0,22	3	–	–	553
6	10	500	9 000	0,12	1	–	–	267
6	14	400	8 200	0,13	2	–	–	554
6	23	230	6 200	0,15	3	–	–	363
12	6	1 500	14 800	0,09	1	–	–	558
12	10	1 000	12 300	0,10	2	–	–	34
12	10	1 000	12 300	0,10	3	–	–	251
12	22	500	9 000	0,12	3	2	1	323
12	27	400	8 200	0,13	3	1	2	548
24	2,5	7 500	33 000	0,06	1	–	–	447
24	5	3 500	22 000	0,07	2	–	–	561
24	8,5	2 300	18 000	0,08	3	–	–	89
24	14	1 500	14 800	0,09	3	2	1	560
24	14	1 500	14 800	0,09	3	1	2	559
60	2	14 000	44 000	0,05	1	–	–	446
60	2,6	14 000	44 000	0,05	2	–	–	531
60	4	12 000	39 000	0,05	3	–	–	562
60	6	7 500	33 000	0,06	3	2	1	46
60	6	7 500	33 000	0,06	3	1	2	41

Bedeutung der Kontakte: u – Umschaltekontakt
a – Arbeitskontakt
r – Ruhekontakt

4.4. Großbreitenbacher Relais (GBR)

Flachsteckrelais GBR 101 (Stecksockel)

— Verwendung günstig in HF-Kreisen —

Ansprecherregung 80 AW Betriebserregung 160 AW
Ansprechleistung 140 mW Betriebsleistung 450 mW
Ansprechzeit 1 bis 5 ms Abfallzeit 1 bis 3 ms
Schaltspannung (max.) 60 V
Schaltstrom (max.) 0,5 A
Schaltleistung (max.) 15 W
Abmessungen 10 mm × 30 mm × 20 mm
Bestückung 2 Umschaltekontakte (Kontaktkapazität ≦ 1 pF)

Typen:

Bv-Nr.	Wdg.	Ω	U_b/V	AW	I_b/mA	CuL ⌀
0327–1	2080	67,5	6	185	89	0,11
0327–2	3700	227	12	195	53	0,08
0327–3	9000	1430	24	162	18	0,05

Kleinstumpfrelais GBR

Ansprechleistung 80 mW Betriebsleistung 420 mW
Ansprechzeit 6 bis 9 ms Abfallzeit 2 bis 4 ms
Schaltspannung (max.) 100 V
Abmessungen 30 mm × 19 mm × 29 mm

Bauarten:

Bezeichnung	max. Schaltstrom A	max. Schaltleistung W	Kontakte u	a	r
GBR 301	1	30	2	—	—
GBR 302	1	30	4	—	—
GBR 303	2	60	2	—	—

Einzelausführungen (gilt für alle 3 Bauarten):

Bv-Nr.	U_b/V	Wdg.	Ω	AW	mA	CuL. ⌀
0335—1	2	967	12,33	156	162	0,22
—2	4	1 730	41,7	166	96	0,16
—3	6	2 420	88,3	165	68	0,13
—4	12	4 840	369	160	33	0,09
—5	24	7 620	959	190	25	0,07
—6	42	14 560	3 592	175	12	0,05
—7	60	21 700	8 361	150	7	0,04

Kleinrundrelais GBR

Ansprechleistung 60 mW   Betriebsleistung 1,5 W
Schaltspannung (max.) 100 V
Abmessungen 45 mm × 43 mm × 20 mm

Bauarten:

Bezeichnung	max. Schaltstrom A	max. Schaltleistung W	Kontakte u	a	r
GBR 401	1	30	2	—	—
GBR 402	1	30	4	—	—
GBR 403	1	30	6	—	—
GBR 404	1	30	8	—	—
GBR 405	2	60	—	1	—
GBR 406	2	60	1	1	—
GBR 407	2	60	2	1	—
GBR 408	2	60	3	1	—

Einzelausführungen (gilt für alle 8 Bauarten):

Bv-Nr.	U_b/V	Wdg.	Ω	AW	I_b/mA	CuL ⌀
344—1	2	775	4	364	470	0,36
—2	4	1 390	14	390	280	0,27
—3	6	1 990	31	385	194	0,22
—4	12	3 900	130	360	93	0,15
—5	24	6 750	418	390	58	0,11
—6	42	12 300	1 443	360	29	0,08
—7	60	15 700	2 405	390	25	0,07
—8	80	20 800	4 345	380	18	0,06
—9	110	30 000	9 000	365	12	0,05

Steckrelais GBR 701

Ansprechleistung	0,4 W
Ansprechzeit	20 ms
Schaltspannung (max.)	380 V
Schaltstrom (max.)	2 A
Schaltleistung (max.)	60 W
Bestückung	4 Umschaltekontakte
Betriebsleistung	1,1 W
Abfallzeit	3 bis 7 ms

Einzelausführungen:

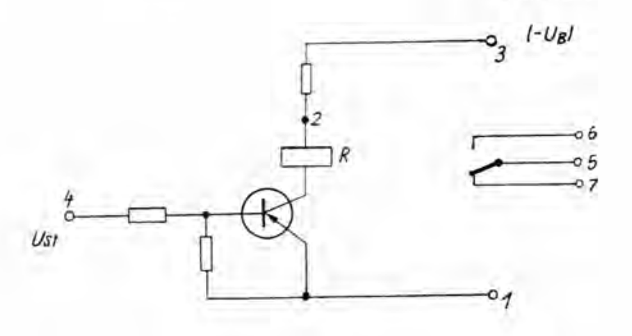
Bv-Nr.	U_b/V	Wdg.	AW	I_b/mA	CuL ⌀
0346.3—1	2	520	290	555	0,40
—2	4	1 090	260	242	0,27
—3	6	1 560	260	167	0,22
—4	12	2 750	280	102	0,16
—5	24	5 300	245	46	0,11
—6	42	7 800	280	36	0,09
—7	60	12 300	240	20	0,07
—8	80	16 300	240	15	0,06
—9	110	23 500	235	10	0,05

4.5. Transistorisiertes Mikrorelais TMR (VEB Keramische Werke Hermsdorf)

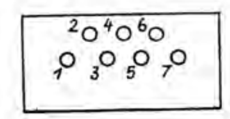
Technische Daten

Betriebsspannung	12 V
Steuerspannung	
TMR 1.001	— 1 V TMR 6.002 — 6 V
Steuerleistung	
TMR 1.001	1 mW TMR 6.002 5 mW
max. Schaltspannung	250 V≃
max. Schaltleistung	20 W bei Ohmscher Last 9 W bei induktiver Last
max. Schaltstrom	1 A
Gewicht	20 p
Abmessungen	30 mm × 27 mm × 16 mm

Schaltbild:



Anschlußschema



4.6. Kleinrelais ST 10

max. Schaltleistung	50 W
Ansprecherregung	100 bis 160 AW
Ansprechzeit	6 bis 15 ms

Typen der Normalreihe:

U_b/V	I_b/mA	Ω	Windungen	CuL ⌀
	ST 10a (Standardausführung)			
2	45	28	1 500	0,18
6	40	120	2 450	0,12
10	25	340	5 000	0,10
12	26	700	6 400	0,08
24	14	1400	9 950	0,07
27	10	2000	11 200	0,06
40	6	2350	12 000	0,06
	ST 10b (kapazitätsarm)			
1,5	50	28	1 500	0,18
6	15	340	5 000	0,10
24	10	2000	11 200	0,06
27	4	2350	12 000	0,06

4.7. Grundlagen für die Berechnung von Wicklungen

Relaistyp	l_m [m]	h [mm]	b [mm]	F_w [cm²]
mittl. Rundrelais	0,0375	5	47	2,35
Flachrelais 48	0,0475	6,6	50	3,3

l_m — mittl. Windungslänge bei voller Bewicklung
h — Wickelhöhe
b — Wickelbreite
F_w — Wickelfläche bei voller Bewicklung

Berechnungsformeln

$w = \mathfrak{w} \cdot F_w$; w in Wdg.

$R = l_m \cdot \frac{\varrho \cdot w}{q}$; R in Ω

$\mathfrak{w}$ — spezifische Windungszahl in $\frac{\text{Wdg.}}{\text{cm}^2}$

$\frac{\varrho}{q}$ — Widerstand in Ω je Meter Drahtlänge

Werte für gebräuchliche CuL-Drahtstärken:

⌀ blank in mm	⌀ Lackdraht in mm	$\mathfrak{w}$ in $\frac{\text{Wdg.}}{\text{cm}^2}$	$\frac{\varrho}{q}$ in $\frac{\Omega}{\text{m}}$
0,1	0,115	6000	2,23
0,15	0,17	2800	0,99
0,2	0,22	1650	0,56
0,25	0,275	1100	0,36
0,3	0,325	770	0,25
0,35	0,38	580	0,18
0,4	0,43	450	0,14
0,5	0,535	300	0,09
0,6	0,64	210	0,06
0,8	0,85	120	0,035
1,0	1,05	83	0,022

5. Literaturhinweise

Blatzheim H.: Fachkunde für Fernmeldetechnik, Teil 2, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1953

Brauer, H.: Die Anwendung von Relais in der Amateurfunkstation. In: „Elektronisches Jahrbuch für den Funkamateuer 1966“ Deutscher Militärverlag, Berlin

Dabruck, F. W.: Pausenzeichengeber — selbstgebaut. In: „radio und fernsehen“, H. 5/1962

Fischer, H.-J.: Transistortechnik für den Funkamateur, Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin 1962

Jakubaschk, H.: Fernsteuerexperimente mit und ohne Funkgenehmigung. Reihe „Der praktische Funkamateuer“, H. 51/1965

Jakubaschk, H.: Das große Elektronikbastelbuch, Deutscher Militärverlag 1965

Kurz, G.: RH 100 als Relais zur Umschaltung mehrerer Antennen. In: „funkamateur“, H. 9/1962

Petzold, H.: Das Fernmelderelais und seine Schaltungen, Geest & Portig K.-G., Leipzig 1952

— Lehrbriefe für Post- und Fernmeldewesen, VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1953

11.—25. Tausend, zweite, erweiterte Auflage
Deutscher Militärverlag · Berlin 1966
Lizenz-Nr. 5
Lektor: Wolfgang Stammler
Zeichnungen: Wilhelm Kaufmann
Typografie: Günter Hennersdorf
Korrektor: Rita Abraham
Hersteller: Werner Briege
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam A 873
1,90



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG